

**ХАРКІВСЬКА ОБЛАСНА ДЕРЖАДМІНІСТРАЦІЯ  
УПРАВЛІННЯ ОСВІТИ І НАУКИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

**АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗИКИ  
ТА ЇХ ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

**Тези доповідей**

**ІХ регіональної наукової студентської конференції**

**(22-23 квітня 2009 року)**

**ХАРКІВ НТУ «ХПІ» 2009**

ББК 22.3  
А 43  
УДК 53.02

Організаційний комітет:

**Л.Л. Товажнянський Л.Л.**, д-р техн. наук, проф., ректор НТУ «ХП» (голова);  
**Є.І. Сокол**, д-р техн. наук, проф., перший проректор НТУ «ХП» (заступник голови);  
**А.О. Мамалуй**, д-р фіз.-мат. наук, зав. кафедри загальної та експериментальної фізики НТУ «ХП» (заступник голови).

Програмний комітет:

**А.О. Мамалуй**, проф. (голова);  
**В.К. Якуша**, доц. (заст. голови);  
**І.В. Синельник**, доц. (заст. голови);  
**В.І. Федорченко**, доц. (заст. голови);  
**О.М. Под'яча**, доц. (вч. секретар).

Друкується за рішенням вченої ради НТУ «ХП», протокол №7 від 31.03.2009р.

А43

**Актуальні проблеми фізики та їх інформаційне забезпечення**  
[Текст]: тези доповідей ІХ регіон. студ. наук. конф. (22-23 квітня 2009 року) / оргкомітет: Л.Л. Товажнянський (голова) [та ін.]. – Харків : НТУ «ХП», 2009.-137с.

## РЕГЛАМЕНТ РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ

22 апреля 2009 г., среда

### ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

12<sup>15</sup> ФИЗИЧЕСКИЙ КОРПУС, БОЛЬШАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ  
АУДИТОРИЯ

**Открытие IX региональной студенческой научной конференции**  
«Актуальные проблемы физики и их информационное обеспечение»

Ректор Национального технического университета  
«Харьковский политехнический институт», доктор техн.  
наук,  
**проф. Товажнянский Л.Л.**

Первый проректор Национального технического универ-  
ситета «Харьковский политехнический институт», доктор  
техн. наук,  
**проф. Сокол Е.И.**

Зав. кафедрой общей и экспериментальной физики, д-р  
физ.-мат. наук, **проф. Мамалуй А.А.**

### 23 апреля секционные заседания:

10<sup>20</sup> 213 ауд. У2 **НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ**

12<sup>00</sup> 9 ауд. У2 **ИНЖЕНЕРНАЯ СЕКЦИЯ**

12<sup>00</sup> 16 ауд. У2 **СЕКЦИЯ ИСТОРИИ ФИЗИКИ**

## ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

12<sup>15</sup> Большая физическая аудитория У2

1. **СПЕКТРАЛЬНЫЙ МНОГОУГЛОВОЙ ЭЛЛИПСОМЕТР: ПОДСИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОМ И ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ** 14  
*Национальный технический университет «ХПИ»*  
*Ст.: Д.Г. Бондарев, М.П. Станкевич*  
*Рук.: проф. А.И. Беляева, доц. А.А. Галуза*
2. **ПОНЯТИЕ МАССЫ В КЛАССИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ** 16  
*Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт"*  
*Ст.: О.А. Носко, А.А. Собко, Д.С. Рочняк, П.В. Канонников*  
*Рук.: проф. А.А. Мамалуй, проф. Е.С. Сыркин*
3. **МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В СИСТЕМЕ  $2\text{H-NbSe}_2$  С ВАКАНСИЯМИ Se** 18  
*Национальный технический университет «ХПИ»*  
*Ст. А. Молчанов*  
*Кер.: проф. А.А. Мамалуй, пр.-стаж. О.Н. Онишко*
4. **РОТАЦИОННЫЕ «СВЕТОФОРЫ»** 20  
*«Малый университет» ХНУ имени В. Н. Каразина*  
*Ст.: Т. Литвин, М. Подгайная, Л. Щербаченко, О. Игнатова*  
*Рук.: доц. А.Р. Казачков, ст. пр. О.В. Шеховцов, ст. пр. В.В. Скляр*
5. **РЕГУЛЮВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО КОЕФІЦІЄНТА ПОГЛИНАННЯ СТІН У ПРИМІЩЕННЯХ** 23  
*Національний технічний університет «ХПИ»*  
*Ст.: О. І. Лосєв*  
*Рук.: доц. Т. І. Храмова*
6. **ПРИНЦИП НАИМЕНЬШЕГО ДЕЙСТВИЯ В КУРСЕ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ** 28  
*Национальный технический университет «ХПИ»*  
*Ст.: Р. Богданов., А. Косвинцева*  
*Рук.: проф. Е.С. Сыркин, асс. А.А. Човпан*

## НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ

10<sup>20</sup> 213 аудитория У2

1. **БОЛЬШОЙ АДРОННЫЙ КОЛЛАЙДЕР** 30  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
Ст.: О.Ю. Валенова, К.И. Ставрова, О.О. Бархотов, А.О. Лунев  
Рук. доц Т.И. Храмова*
2. **ВЛИЯНИЕ ПРЕССОВАНИЯ НА ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ pVtE-pBsE** 31  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
Ст. А.А. Месечко  
Рук.: асп. О.С. Водорез, проф. Е.И. Рогачева*
3. **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОГОВОГО ТОКА ГЕНЕРАЦИИ В ПОЛУПРОВОДНИКОВОМ ЛАЗЕРЕ.** 32  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
Ст.: М.С. Шемет, В.А. Власенко  
Рук.: доц. Е.Т. Лемешевская, доц. В.В. Пилипенко.*
4. **КОМПЬЮТЕРНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ОБРАЗОВАНИЯ СПИРАЛЬНЫХ ГАЛАКТИК** 33  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
Ст. Д. Потапенко  
Рук. доц. И.В. Синельник*
5. **ИЗМЕРЕНИЕ ДЕКРЕМЕНТА ЗАТУХАНИЯ КАМЕРТ-НАКАК МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТИ** 35  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
Ст.: А.А. Железняк., З.С. Обложенко, О.В. Боротюк,  
Д.О. Титенко  
Рук.: доц. В.А. Лыках, проф. Е.С. Сыркин*
6. **АБСОЛЮТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ** 38  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
Ст. К.С. Мандрыка  
Рук.: с.н.с. доц. каф. ФМЭГ В.И. Шкалето, доц. Г.И. Копач*

7. **ДЕЙСТВУЮЩАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ПУШКИ** **40**  
*Харьковский национальный университет им. В.И. Каразина*  
*Ст. В.С. Рождественский*  
*Рук.: доц. А.Р. Казачков, доц. Н.А. Макаровский*
8. **ОПЫТ К ТЕМЕ «ЦЕНТР ТЯЖЕСТИ. ВИДЫ РАВНОВЕСИЯ». ОПЫТ С ДИСКОМ, КАТАЮЩИМСЯ ВВЕРХ ПО НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ** **43**  
*Национальный технический университет*  
*«Харьковский политехнический институт»*  
*Ст.: А.П. Бугаенко, С.И. Каширцев*  
*Рук.: С.С. Кривонос, Ю.В. Меньшов*
9. **ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ЭФФЕКТА ХОЛЛА** **44**  
*Национальный технический университет*  
*«Харьковский политехнический институт»*  
*Ст. О.Г. Шумаков*  
*Рук.: доц. М.В. Лебедева, ст. пр. Т.Н. Шелест*
10. **ПОСТУЛАТЫ БОРА И ПРИНЦИП ДИСКРЕТНО-ЭСТАФЕТНОГО ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИИ В МИКРОМИРЕ** **46**  
*Национальный технический университет*  
*«Харьковский политехнический институт»*  
*Ст.: С.А. Литвинов, В.О. Зенков, Р.А. Круглов*  
*Рук. доц. В.В. Ушаков*
11. **ДВУХФОТОННЫЙ ФОТОЭФФЕКТ И ЭФФЕКТ КОМПТОНА В ДИНАМИКЕ ДИСКРЕТНО-ЭСТАФЕТНОГО ДВИЖЕНИЯ (ДЭД) ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ** **50**  
*Национальный технический университет*  
*«Харьковский политехнический институт»*  
*Ст.: Н.Б. Заболотная, Е.Ю. Берестюк, М.Д. Яременко*  
*Рук. доц. В.В. Ушаков*
12. **КВАНТОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОТОКА ДЛЯ СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО КОЛЬЦА В ДИНАМИКЕ ДИСКРЕТНО ЭСТАФЕТНОГО ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ** **54**  
*Национальный технический университет*  
*«Харьковский политехнический институт»*  
*Ст. Т.Л. Омеляненко*  
*Рук. доц. В.В. Ушаков*

- |     |  |    |
|-----|--|----|
| 13. | <b>ВРЕМЕННАЯ КОГЕРЕНТНОСТЬ В ДИНАМИКЕ<br/>ДИСКРЕТНО – ЭСТАФЕТНОГО ДВИЖЕНИЯ (ДЭД)<br/>ФОТОНОВ</b>   | 58 |
|     | <i>Национальный технический университет<br/>«Харьковский политехнический институт»<br/>Ст.: Т.В. Приходько, А.В. Савченко<br/>Рук.: доц. [В.В. Ушаков], доц. А.А. Рожков</i> |    |
| 14. | <b>КАПЛЯ ВОДЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ<br/>ДИНАМИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ</b>  | 60 |
|     | <i>Национальный технический университет<br/>«Харьковский политехнический институт»<br/>Ст.: Е. Колесниченко, К. Цвельх<br/>Рук.: доц. Н.Л. Дьяконенко, м.н.с. Д.А. Гаман</i> |    |
| 15. | <b>НАНОМЕТРОВЫЙ РЕЛЬЕФ ПОВЕРХНОСТИ</b>   | 61 |
|     | <i>Национальный технический университет<br/>«Харьковский политехнический институт»<br/>Ст. Е.Ю. Коваленко<br/>Рук.: доц. Н.Л. Дьяконенко, доц. Ю.Г. Окладной</i>             |    |
| 16. | <b>МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВРАЩЕНИЯ ТЕЛА В<br/>ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ</b>   | 63 |
|     | <i>Национальный технический университет<br/>«Харьковский политехнический институт»<br/>Ст. : К.О. Койро, Д.В. Фомин<br/>Рук. доц. В.И.Белозерцева, ст.пр. И.А.Корж</i>       |    |
| 17. | <b>ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛ СФЕРИЧЕСКОЙ<br/>ФОРМЫ В ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ</b>   | 64 |
|     | <i>Национальный технический университет<br/>«Харьковский политехнический институт»<br/>Ст.: Д. Проценко, И. Слепцов, А. Щербина<br/>Рук. доц. И.В. Синельник</i>             |    |

## **ИНЖЕНЕРНАЯ СЕКЦИЯ**

**12<sup>00</sup> 9 аудитория мех. практикума У2**

- |    |   |           |
|----|---|-----------|
| 1. | <b>ИНЖЕНЕРНЫЙ АСПЕКТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ</b><br><i>Национальный технический университет<br/>«Харьковский политехнический институт»<br/>Ст.: С.В. Макаренко, Д.В. Тыжненко, А.О. Геза<br/>Рук.: ст. преп. Т.В. Свитенко-Краснокутская,<br/>доц. Н.Б. Фатьянова</i> | <b>66</b> |
| 2. | <b>ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕОРИЯ МЕТАЛЛОВ</b><br><i>Харьковский национальный аграрный университет<br/>им. В.В.Докучаева<br/>Ст. А. В. Бараник<br/>Рук. доц. С.С. Авотин</i>  | <b>68</b> |
| 3. | <b>ТЕРМОГРАФИЯ КАК МЕТОД МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ</b><br><i>Харьковский национальный аграрный университет<br/>им. В.В. Докучаева<br/>Ст. А.С. Оныщенко<br/>Рук. доц. С.С. Авотин</i>   | <b>69</b> |
| 4. | <b>ЭФФЕКТ МАГНУСА</b><br><i>Национальный технический университет<br/>"Харьковский политехнический институт"<br/>Ст.: К. Крыжний, Е. Храмов<br/>Рук.: доц. Е.Н. Подъячая, ст. пр.Т.В. Абрамова</i>   | <b>70</b> |
| 5. | <b>АЛЛОТРОПИЯ УГЛЕРОДА</b><br><i>Национальный технический университет<br/>«Харьковский политехнический институт»<br/>Ст. Н.В. Савченко<br/>Рук. ст.н.сопр. З.И. Колупаева</i>   | <b>73</b> |
| 6. | <b>ПРОБЛЕМА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА УКРАИНЕ</b><br><i>Национальный технический университет<br/>«Харьковский политехнический институт»<br/>Ст. О.И. Теплинская<br/>Рук. ст. пр. В.С. Савина, доц. В.К. Якуша</i>  | <b>75</b> |



- |     |   |    |
|-----|---|----|
| 7.  | <b>СВОБОДНЫЕ ОСИ ВРАЩЕНИЯ</b><br><i>Национальный технический университет<br/>         «Харьковский политехнический институт»<br/>         Ст.: А.В. Калинин, Г.О. Олейник, В.В. Полищук<br/>         Рук.: ст. пр. И.В. Галушак, ст. пр. С.С. Кривonos</i>  | 78 |
| 8.  | <b>СВОЙСТВА ПЕСКА КАК СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА</b><br><i>Национальный технический университет<br/>         «Харьковский политехнический институт»<br/>         Ст.: Д.П. Абдуллаев, Р.С. Салихов<br/>         Рук.: доц. И.И. Меньшова, ст.пр. И.А. Корж</i>  | 79 |
| 9.  | <b>ЛАЗЕРЫ В МЕДИЦИНЕ</b><br><i>Харьковский национальный аграрный университет<br/>         им. В.В. Докучаева<br/>         Ст.: Д.А. Бойченко, Е.А. Омельченко<br/>         Рук. доц. С.С. Авотин</i>  | 80 |
| 10. | <b>ТЕПЛОВІ НАСОСИ: ТЕХНІЧНА<br/>         ІДЕЯ ТА ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ</b><br><i>Національний технічний університет<br/>         «Харківський політехнічний інститут»<br/>         Ст. М.С. Нікітчук<br/>         Кер. доц. Ю.Г. Окладной</i>   | 81 |
| 11. | <b>ДИНАМИЧЕСКИЕ И СТАТИСТИЧЕСКИЕ ЗАКОНО-<br/>         МЕРНОСТИ В ФИЗИКЕ</b><br><i>Харьковский национальный аграрный университет<br/>         им. В. В. Докучаева<br/>         Ст. А.Ю. Фанаскова<br/>         Рук. доц..С.С. Авотин</i>   | 84 |
| 12. | <b>ПАРНИКОВИЙ ЕФЕКТ</b><br><i>Національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва<br/>         Ст. Ю. Олійник<br/>         Кер. ст. викл. Є.А. Пивовар</i>   | 85 |
| 13. | <b>ИЗУЧЕНИЕ КРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ<br/>         ВЕЩЕСТВ КИЕВСКОЙ ШКОЛОЙ ФИЗИКОВ<br/>         М.П. АВЕНАРИУСА</b><br><i>Национальный технический университет<br/>         «Харьковский политехнический институт»<br/>         Ст.: М.С. Светайло, К.И. Кутепов, В.М. Сикора<br/>         Рук.: ст. преп. Т.В. Свитенко-Краснокутская,<br/>         доц. Н.Б. Фатьянова</i> | 86 |

14. **БЕРИЛЛИЙ – УНИКАЛЬНЫЙ МЕТАЛЛ** **88**  
*Харьковский национальный аграрный университет*  
*им. В.В. Докучаева*  
*Ст. И.А. Шкварченко*  
*Рук.: доц. С.С. Авотин*
15. **МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ** **90**  
*Национальный аграрный университет им. В.В. Докучаева*  
*Ст. Е. Злобина*  
*Рук. ст. пр. Е.А. Пивовар*
16. **ВПЛИВ МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА БІОЛОГІЧНІ ОБ'ЄКТИ** **91**  
*Національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва*  
*Ст. В. Штанько*  
*Кер. ст. викл. Є.А. Пивовар*
17. **ПОЛИМЕРНЫЕ ЖИДКОСТИ: МОДЕЛИ И ТЕОРИИ** **92**  
*Национальный аграрный университет им. В.В. Докучаева*  
*Ст. Н. Харитоненко*  
*Рук.: ст. пр. В.В. Онищенко, ст. пр. Н.О. Онищенко*
18. **ПОЧЕМУ У КОШКИ ГЛАЗА СВЕТАЮТСЯ** **93**  
*Национальный аграрный университет им. В.В. Докучаева*  
*Ст. Л. Шведова*  
*Рук. ст. пр. Е.А. Пивовар*
19. **ТЕОРИЯ РЕПТАЦИЙ И ГЕЛЬ-ЭЛЕКТРОФОРЕЗ ДНК** **94**  
*Национальный аграрный университет им. В.В. Докучаева*  
*Ст. Н. Харитоненко*  
*Рук.: ст. пр. В.В. Онищенко, ст. пр. Н.О. Онищенко*
20. **НАНОТЕХНОЛОГИИ И ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ** **95**  
*Национальный технический университет*  
*"Харьковский политехнический институт"*  
*Ст. М.Ю. Свечкина.*  
*Рук.: доц. Е.Н. Подъячая, асс. Г.Ю. Подъячий*
21. **ОЧИСТИТЕЛЬНЫЙ РАЗРЯД** **99**  
*Национальный технический университет*  
*«Харьковский политехнический институт»*  
*Ст. Е.В. Южанинов*  
*Рук. ст. пр. В.С. Савина, доц. В.К. Якуша*

## СЕКЦИЯ ИСТОРИИ ФИЗИКИ

**12<sup>00</sup> 16 аудитория У2**

- |   |   |     |
|---|---|-----|
| 1 | <b>ПОСТАТЬ І НАУКОВИЙ ДОРОБОК<br/>ПРОФЕСОРА О.К. ПОГОРЕЛКО</b>  | 101 |
|   | <i>Національний технічний університет<br/>„Харківський політехнічний інститут”<br/>Ст. К.О. Ганюкова<br/>Рук. доц. О.Є. Тверитникова</i>                                    |     |
| 2 | <b>ОБ ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ<br/>ФИЗИЧЕСКОЙ КАРТИНЫ МИРА В XIX ВЕКЕ</b>  | 103 |
|   | <i>Национальный технический университет<br/>«Харьковский политехнический институт»<br/>Ст. Р.В. Шкалаберда<br/>Рук. доц. Л.Г. Петренко</i>                                  |     |
| 3 | <b>ФИАНИТЫ – КРИСТАЛЛЫ СОВРЕМЕННОЙ<br/>ТЕХНИКИ</b>  | 105 |
|   | <i>Харьковский национальный аграрный университет<br/>им. В.В. Докучаева<br/>Ст. Е.Ф. Дорошенко<br/>Рук. доц. С.С. Авотин</i>  |     |
| 4 | <b>ІСТОРІЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ<br/>ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ</b>  | 106 |
|   | <i>Національний технічний університет<br/>„Харківський політехнічний інститут»<br/>Ст. Л.В. Фатич<br/>Кер. доц. Ю.В. Меньшов</i>  |     |
| 5 | <b>ВОЗМОЖНОСТИ СОТОВЫХ СВЯЗЕЙ НОВОГО<br/>ПОКОЛЕНИЯ</b>  | 108 |
|   | <i>Национальный технический университет<br/>«Харьковский политехнический институт»<br/>Ст.: В.Б. Котляров, А.А. Аракелян<br/>Рук. доц. Н.Б. Фатьянова</i>                   |     |
| 6 | <b>ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ БУДУЩЕГО</b>   | 111 |
|   | <i>Национальный технический университет<br/>«Харьковский политехнический институт»<br/>Ст. О.А. Догадина, В.В. Харина<br/>Рук.: доц. В.И. Белозерцева, ст.пр. И.А. Корж</i> |     |

7	<b>ВЯЗКОСТЬ ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ. ИСТОРИЧЕСКИЕ МОМЕНТЫ И МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ</b>	112
	<i>Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» Ст. И.С. Забелина Рук. доц. Ю.В. Меньшов</i>	
8	<b>ГЕНИЙ ВСЕХ ВРЕМЁН (к 130-летию А. Эйнштейна)</b>	114
	<i>Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» Ст. А.А. Козин Рук. доц. Л.Г. Петренко</i>	
9	<b>ИСААК НЬЮТОН (1642-1727)</b>	117
	<i>Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» Ст.: А.В. Кицела, А.Ю. Чистаева Рук: ст. пр. С.С. Кривонос, ст. пр. Т.Н. Шелест</i>	
10	<b>ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ: ЭВОЛЮЦИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ОТ ДРЕВНИХ ВРЕМЕН ДО КОНЦА XIX ВЕКА</b>	121
	<i>Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» Ст. В. Хижняк Рук. доц. С.Д. Гапченко</i>	
11	<b>К ВОПРОСУ О ЧЕРНЫХ ДЫРАХ</b>	124
	<i>Национальный технический университет „Харковський политехнічний інститут” Ст.: Халмурадова, Р. Золотухин Рук.: доц. Г.Я. Дульфан, доц. Н.Б. Фатьянова</i>	
12	<b>БОЛЬШОЙ АДРОННЫЙ КОЛЛАЙДЕР - ВЫМЫСЕЛ И РЕАЛЬНОСТЬ</b>	125
	<i>Национальный технический университет „Харковський политехнічний інститут” Ст.: А. Белевцова, Е. Якушко Рук.: доц. Г.Я. Дульфан, доц. Н.Б. Фатьянова</i>	
13	<b>ФЛАГМАНУ УКРАИНСКОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ УФТИ 80 ЛЕТ</b>	126
	<i>Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» Ст.: А.Е. Давиденко, Н.А. Тур Рук. доц. Ю.Г. Окладной</i>	

14	<b>КАК СДЕЛАТЬ ПРЕДМЕТ НЕВИДИМЫМ</b>	<b>129</b>
	<i>Национальный технический университет „Харьковский политехнический институт” Ст.: К. Дубняк, О. Даниленко Рук.: доц А.А. Дульфан, ст.пр. И.В. Галуцак</i>	
15	<b>ЛАУРЕАТЫ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ ПО ФИЗИКЕ В НАЧАЛЕ ХХІ ВЕКА (с 2000 по 2008 год)</b>	<b>130</b>
	<i>Национальный технический университет Харьковский политехнический институт Ст.: А. Василец, С. Назаров Рук. доц. Н.И. Гнидаш</i>	
16	<b>ВЫДАЮЩИЕСЯ ФИЗИКИ В СОВРЕМЕННОЙ ЮБИ- ЛЕЙНОЙ ТАБЛИЦЕ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА</b>	<b>133</b>
	<i>Национальный технический университет Харьковский политехнический институт Ст.: Д.В. Белоус, Н.Л. Блинков, В.С. Сероус Рук..доц. Н.И. Гнидаш</i>	
17	<b>КИСЛОТНЫЕ ДОЖДИ: ПРИЧИНЫ ИХ ПОЯВЛЕНИЯ И СПОСОБЫ БОРЬБЫ</b>	<b>136</b>
	<i>Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» Ст. К.А. Бындыч Рук. асс. Е.Б. Алмазова</i>	

**ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ**  
**СПЕКТРАЛЬНЫЙ МНОГОУГЛОВОЙ ЭЛЛИПСО-**  
**МЕТР: ПОДСИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО**  
**УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОМ И ПЕРВИЧНОЙ**  
**ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: Д.Г. Бондарев, М.П. Станкевич  
Рук.: проф. А.И. Беляева, доц. А.А. Галуза*

Эллипсометрия — это метод изучения поверхностей твердых тел по изменению состояния поляризации светового пучка при отражении от этой поверхности [1]. В настоящее время эта методика используется практически во всех областях науки, где речь идет о поверхности. Эллипсометрия является одним из наиболее чувствительных и эффективных неразрушающих бесконтактных методов исследования свойств поверхности. В первую очередь это связано с интенсивным развитием вычислительной техники, которая позволяет обрабатывать колоссальные объемы информации и управлять прецизионными процессами с точностью, недоступной человеку.

Наш интерес к этой методике связан, в частности, с исследованием процессов на поверхности металлов и сплавов, находящихся под действием радиационных факторов. Как показали наши исследования [2], эллипсометрия позволяет регистрировать изменения структуры и свойств образцов на самых ранних стадиях, когда никакие другие неразрушающие методы сделать этого еще не позволяют. Поскольку для металлов наиболее информативная часть спектра находится в УФ области, важной задачей является создание эллипсометрического оборудования с максимально расширенным в эту сторону спектра рабочим диапазоном. В рамках этой проблемы и находятся вопросы, рассмотренные в работе.

Данная работа посвящена системе управления и регистрации сигнала спектрального эллипсометра оригинальной разработки. Представленный эллипсометр реализован по схеме с вращающимся анализатором. Прибор базируется на штатном гониометре Г-5, что позволяет получить высокую соосность плеч эллипсометра, стабильную фиксацию плеч и хорошее угловое разрешение. В качестве поляризаторов используются высококачественные призмы Аренса. Источником излучения в видимом

спектре служит монохроматор, освещаемый лампой накаливания (в видимом и ближнем ИК диапазоне) или газоразрядной лампой (ближний УФ диапазон).

Управление установкой осуществляется с помощью шаговых двигателей и заключается в автоматическом изменении азимута анализатора и/или поляризатора, а также положения барабана монохроматора для изменения длины волны зондирующего излучения. Управление шаговыми двигателями происходит из ЭВМ через оригинальный блок сопряжения [3] с помощью специализированного программного обеспечения [4]. Непосредственным результатом эксперимента является зависимость фототока ФЭУ от угла поворота анализатора, который усиливается специальным согласующим блоком и регистрируется звуковой картой ЭВМ.

При расширении спектрального диапазона, как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения длины волны относительно видимого диапазона, возникают проблемы, связанные с низким уровнем сигнала и нестабильности источника излучения, высоким поглощением в поляризирующих элементах и т.д. В совокупности все перечисленное приводит к низкому отношению сигнал/шум и сложному спектральному составу результирующего сигнала. В результате извлечение искомого сигнала с высокой точностью без привлечения специальных методов становится невозможным.

Одним из наиболее эффективных методов выделения сигнала на фоне сильных помех является синхронное детектирование. Суть методики состоит в следующем. Исходный сигнал от источника излучения модулируется механическим (или каким-либо другим) прерывателем с частотой на несколько порядков превышающей частоту сигнала, а после регистрации регистрирующего сигнала выполняется его демодуляция специальными математическими методами.

В настоящей работе подробно рассмотрены вопросы, связанные с программно-аппаратным обеспечением управления установкой и системой синхронного детектирования сигнала на фоне сильных помех.

#### Литература:

1. Н. Fujiwara. Spectroscopic ellipsometry: principles & applications. Chichester: John Wiley & Sons, 2007. - 370 p.
2. A.I. Belyaeva, A.A. Galuza, V.S. Voitsenya etc. Behavior of mirrors fabricated from amorphous alloy under impact of deuterium plasma ions // Physica Scripta. – 2006. – N73. - P.10-14.
3. А.С. Власенко, А.А. Галуза, А.Я. Захарченко. Программное обеспечение универсальной системы автоматизации эксперимента // Радиоэлектроника и информатика. – 2006. - №4. - С. 52-56.
4. А.А. Галуза, А.Д. Кудленко, К.А. Слатин и др. Система автоматизации спектрального криогенного эллипсометра // Приборы и техника эксперимента. – 2003. - №4. - С. 98 - 101.

# ПОНЯТИЕ МАССЫ В КЛАССИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

*Национальный технический университет  
"Харьковский политехнический институт"*

*Ст.: О.А. Носко, А.А. Собко, Д.С. Рочняк,  
П.В. Канонников*

*Рук.: проф. А.А. Мамалуй, проф. Е.С. Сыркин*

Одним из фундаментальных понятий в физике является понятие массы [1]. Представляет значительный интерес рассмотрение трансформации этого понятия при переходе от классической механики к специальной теории относительности [2].

Несмотря на столетнюю историю этого вопроса до настоящего времени продолжают дискуссии по этому поводу в научной и методической физической литературе [2,3,4].

Хорошо известно, что в классической механике понятие масса определяются следующим образом и обладает такими свойствами [2]:

Масса является мерой количества вещества, количества материи.

1. Масса составного тела равна сумме масс составляющих его тел.
2. Масса изолированной системы тел сохраняется, не меняется со временем.
3. Масса тела не меняется при переходе от одной системы отсчета к другой, в частности, она одинакова в различных инерциальных системах координат.

4. Масса тела является мерой его инертности (или инерции, или инерциальности, как пишут некоторые авторы).

5. Массы тел являются источником их гравитационного притяжения друг к другу.

В рамках классической механики позиции 1 – 6 совместимы и внутренне непротиворечивы.

В случае движения тел со скоростями сопоставимыми со скоростью света в вакууме  $v < c$  ситуация заметно отличается. Существует два альтернативных подхода:

1) масса тела является функцией скорости и в пределе ( $v \ll c$ ) равна «массе покоя», значение которой совпадает с массой в классической механике;



2) нелинейной функцией скорости является релятивистский импульс; коэффициент (масса) является инвариантом и совпадает с массой в классической механике.

В соответствии с современными физическими представлениями выяснение физической природы массы элементарных частиц и, соответственно, механических тел и систем является одной из самых важных проблем. [2,4].

Поэтому последовательное и корректное изложение в физике понятия массы в курсе общей физики актуально и необходимо.

Текст доклада посвящен последовательному изложению представлений о массе как инварианте специальной теории относительности (п.2) и сущности ряда противоречий в представлении о массе частиц, наличии «безмассовых» частиц – фотонов.

#### Литература:

1. Р. Фейнман., Р. Лейтон., М. Сендс., Фейнмановские лекции по физике, М., Мир, 1976 г. т.2
2. Л. Б. Окунь, Понятие массы, УФН, 158, в.3, 1989 г. с. 511- 529
3. Р.И. Храпко, Что есть масса?, УФН, 170, в.12, 2000 г. с.1363 – 1366
4. Л.Б. Окунь, О письме Р.И. Храпко «Что есть масса», 170, в. 12, 2000 г. с.1366 – 1371
5. А.А. Абрамов, Методические вопросы преподавания специальной теории относительности и элементов квантовой теории в курсе общей физики в ВУЗах, Физическое образование в ВУЗах, 12, №1, 2006 г. с.13-22

# МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В СИСТЕМЕ $2\text{H-NbSe}_2$ С ВАКАНСИЯМИ Se

*Национальный технический университет «ХПИ»*

*Ст. А. Молчанов*

*Кер.: проф. А.А. Мамалуй, пр.-стаж. О.Н. Онишко*

В природе существует большой класс слоистых низкоразмерных систем с анизотропной кристаллической решеткой. Такие объекты представляют особый интерес, так как наличие точечных дефектов (вакансий) в структурах подобного типа должно приводить к анизотропной реакции решетке на дефект.

В работе [1] на основе данных рентгеноспектрального анализа показано, что после высокотемпературного отжига процентное содержание селена в исследуемом квазидвумерном монокристалле  $2\text{H-NbSe}_2$  уменьшается, следовательно на месте вылетевшего атома образуется селеновая вакансия. Эти данные подтверждают и рентгеноструктурные исследования образцов, представленные в работе [2]. Вместе с тем детальное изучение тонкой структуры кристалла позволило установить, что пошаговая изотермическая выдержка в области повышенных температур ( $T = 443\text{K}$ ,  $453\text{K}$ ,  $463\text{K}$  в течение 20 мин) приводит к изменению поли типа кристалла:  $2\text{H-NbSe}_2 \rightarrow 4\text{H-NbSe}_{2-x}$ .

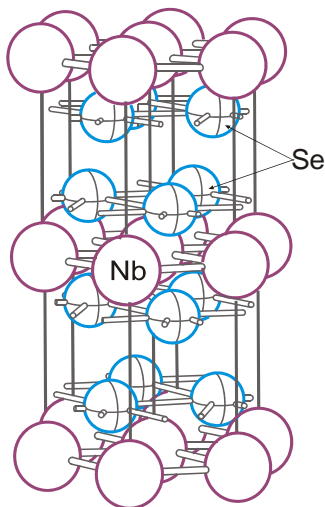


Рис. 1. Элементарная ячейка  $2\text{H-NbSe}_2$ .

Цель данной работы состоит в следующем: с помощью компьютера провести наглядное моделирование фазового перехода в слоистом квазидвумерном монокристалле  $\text{NbSe}_2$  вызванного вакансиями селена и приводящего к изменению поли типа кристалла.

Объектом исследования является слоистый квазидвумерный монокристалл  $2\text{H-NbSe}_2$ , представляющий собой полисэндвич, состоящий из двух слоев атомов Se с слоем Nb между ними (см. рис. 1). Связь атомов Nb и атомов Se – ионно-ковалентная, слои Se-Se соединены между собой силами Ван-дер-Ваальса, связь между атомами Nb-Nb является металлической. Решетка анизотропна с параметрами:  $a = 3,445 \text{ \AA}$ ,  $c = 12,54 \text{ \AA}$  [3].

Селен в ней располагается в окта-

эдрических пустотах, тем самым, образуя треугольные призмы, развернутые под разными углами по отношению к центральному атому Nb.

Политипы кристаллической решетки слоистых дихалькогенидов характеризуются цифрой, указывающей количество слоев (расстояние между двумя атомами Nb в плоскости (ac)) в элементарной ячейке и большой буквой показывающей упаковку базисной плоскости из атомов ниобия. Так политип 2H-NbSe<sub>2</sub> имеет элементарную ячейку гексагональной структуры, состоящую из двух слоев.

В работе [2] было показано, что после высокотемпературной обработки происходит изменение политипа исходного монокристалла:  $2\text{H-NbSe}_2 \rightarrow 4\text{H-NbSe}_{2-x}$ . Политип 4H-NbSe<sub>2-x</sub> имеет элементарную ячейку гексагональной структуры, состоящую из четырех слоев, которая представлена на рис. 2 где атомы Se светлые кружочки, а атомы Nb – темные. При сопоставлении элементарных ячеек двух политипов установлено: 1) изменение параметров решетки: 2H-NbSe<sub>2</sub>:  $a = 3,445 \text{ \AA}$ ,  $c = 12,54 \text{ \AA}$ ;

4H-NbSe<sub>2-x</sub>:  $a = 3,512 \text{ \AA}$ ,  $c = 26,73 \text{ \AA}$ ;

2) изменение размеров слоя:

2H-NbSe<sub>2</sub>:  $c_c = 6,27 \text{ \AA}$ ;

4H-NbSe<sub>2-x</sub>:  $c_c = 6,685 \text{ \AA}$ ;

3) наблюдается упорядоченная повторяемость в ориентации селеновых призм через два слоя для 4H-NbSe<sub>2</sub> в отличие от разориентации селеновых призм для 2H-NbSe<sub>2</sub>.

В работе продемонстрированы основные отличительные черты двух политипов кристаллических структур 2H-NbSe<sub>2</sub> и 4H-NbSe<sub>2-x</sub>.

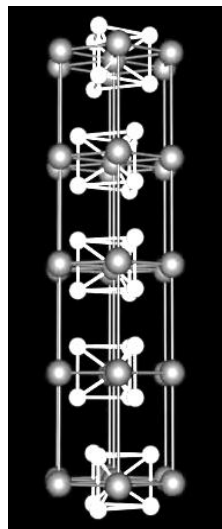


Рис. 2 Элементарная ячейка 4H-NbSe<sub>2</sub>.

**Литература:** 1. Mamalui A.A., Shelest T.N., Fatyanova N.B., Sirenko V.A. The influence of point defects on the temperature dependence of quasi-two-dimensional 2H-NbSe<sub>2</sub> resistivity // *Functional Materials*.- 2005-V.12, №3 – p.521-525. 2. Брауде И.С., Мамалуй А.А., Онишко О.Н. Вакансии Se и структурные изменения в монокристаллах NbSe<sub>2</sub> // *Металлофизика и новейшие технологии* – 2008. т. 30. – №10. – с.1297-1305; 3. Wilson J.A., Yoffe A.D. The transition metal dichalcogenides. Discussion and interpretation of the observed optical? Electrical and structural properties // *Advances in Physics*. – 1969. – V.18, № 18. – P.193-335.

## РОТАЦИОННЫЕ «СВЕТОФОРЫ»

**«Малый университет» ХНУ имени В. Н. Каразина**

**Ст.: Т. Литвин, М. Подгайная, Л. Щербаченко,**

**О. Игнатова**

**Рук.: доц. А.Р. Казачков, ст. пр. О.В. Шеховцов,**

**ст. пр. В.В. Скляр**

Новинка известной американской фирмы *Educational Innovations, Inc.*, производящей учебное оборудование и физические игрушки, представляет собой матово-белый шар со встроенным выключателем и веревочным поводком [1]. Если шар включить и оставить неподвижным, то он светится белым или чуть розоватым светом (Рис.1, слева). Однако вращение шара на поводке резко меняет наблюдаемую картину. При больших скоростях возникают расположенные по кругу четкие последовательные изображения так называемых «основных» цветов: красного, зеленого и синего (Рис.1, по центру и справа).

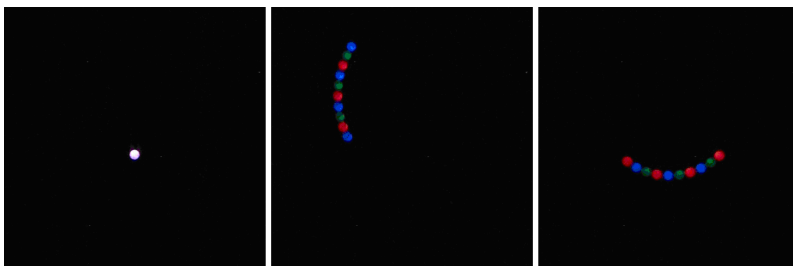


Рис.1. «Загадочный» светящийся шар в неподвижном положении (слева) и при вращении на веревочном поводке, экспозиция 0,1 с.

Плавно уменьшая скорость вращения светящегося шара, можно добиться частичного наложения *основных* цветов и увидеть оранжевый, пурпурный и другие цвета (Рис.2, слева). Видимое наложение основных и появление дополнительных цветов имеет место и при больших скоростях шара в верхней и нижней части его траектории, если наблюдатель находится в плоскости вращения шара (Рис.2, по центру и справа).

Для того, чтобы раскрыть «загадку» этой красивой физической игрушки, была проведена серия экспериментов и съемок фотокамерой *Canon PowerShot A460* в видео режиме (10 кадров в секун-

ду). Обработка видео клипов выполнена с использованием программы *VirtualDub Mpeg2*.

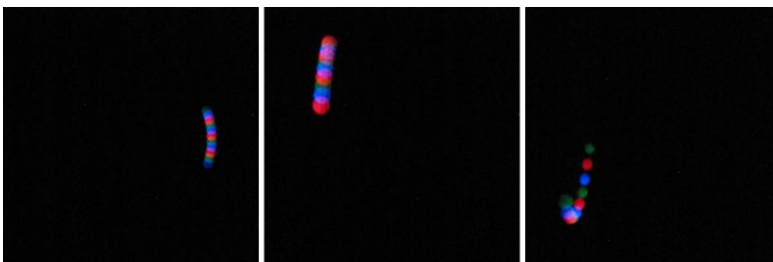


Рис.2. Наложение «основных» цветов при малых скоростях вращения шара (слева) и при наблюдении в плоскости вращения.

Было установлено, что источником излучения шара являются три светодиода: красный, зеленый и синий, попеременно включающиеся с частотой  $30 \text{ Гц}$  каждый, т.е. интервал между соседними импульсами разного цвета составляет  $\sim 0,01 \text{ с}$ . Инерция зрения человека не позволяет различать световые сигналы, следующие с интервалом меньшим  $\sim 0,05 \text{ с}$ . Поэтому неподвижный шар видится наблюдателю белым (легкая окраска связана с неидеальностью баланса интенсивности свечения диодов). При движении по кругу за время между двумя последовательными импульсами шар успевает существенно сместиться, и наблюдатель видит полностью или частично разнесенные изображения.

Для того, чтобы добиться больших размытий фотоизображений и по их величине оценить длительность импульса свечения фотодиодов, радиус вращения шара был значительно увеличен.

Разделение и смешение цветов наблюдалось и в «обратной» схеме эксперимента, то есть при освещении неподвижным «загадочным» шаром вращающихся черно-белых мишеней: волчков (Рис.3, слева), диска на оси вентилятора с варьiruемой частотой оборотов и других. На высоких скоростях вращения таких мишеней наблюдались дополнительные стробоскопические эффекты. Так, при освещении неподвижным шаром на центральном фото Рис.3 быстро вращающийся волчок окрашен в основные цвета, на фотографии справа его сектора остаются черно-белыми.

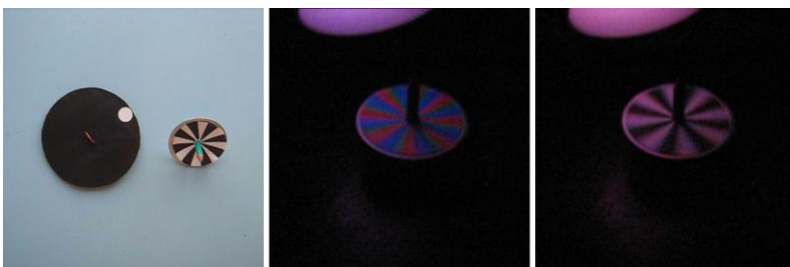


Рис.3. Черно-белые волчки, вращающиеся в свете неподвижного шара.

Компьютерная анимация вращения ярких источников света затрудняется эффектами зрительного послесвечения [2]. Они, однако, позволяют создать красивую иллюзию «блуждающего» зеленого (салатного) пятна, наблюдающегося в системе движущихся скачком розовых дисков, расположенных по кругу (Рис.4).

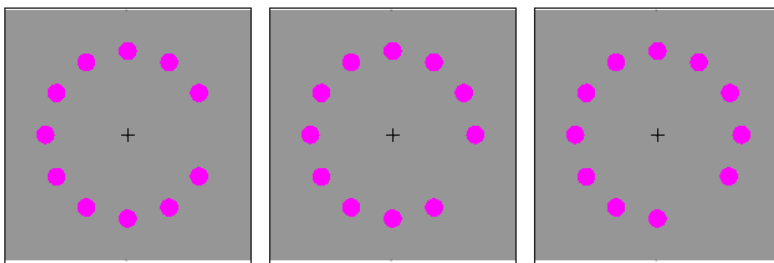


Рис.4. Иллюзия «блуждающего» пятна, компьютерная анимация в *Excel* с использованием соответствующих макросов [3].

«Загадочный» светящийся шар был подарен Физическому кружку ХНУ имени В. Н. Каразина Кристофером Чиаверина. Авторы искренне благодарны ему и Наталии Македонской, познакомившей нас с иллюзией «блуждающего» пятна.

1. <http://teachersource.com>; изделие #OPT-500, Mysterious Glowing Ball.
2. T.D.Rossing and C.J.Chiaverina. *Light Science*. (Springer-Verlag, New York, 1999).
3. Применение анимации в электронных таблицах *Excel* при решении задач по физике. А.Р. Казачков, С. Аверков, О. Игнатова. – Материалы студ. конф. «Актуальные проблемы физики и их информационное обеспечение», Харьков, НТУ «ХПИ», 2007.

# РЕГУЛЮВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО КОЕФІЦІЄНТА ПОГЛИНАННЯ СТІН У ПРИМІЩЕННЯХ

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»*

*Ст.: О. І. Лосєв*

*Рук.: доц. Т. І. Храмова*

Сучасні акустичні приміщення плануються для вирішення поставлених задач. Наприклад, для прослуховування симфонічної або джазової музики – зали філармонії; для запису мовних і музичних фрагментів – студії звукозапису та телевізійного мовлення; для перегляду кінофільмів – зали кінотеатрів. Але згідно з вимогами висунутими якістю сприйняття акустичної продукції параметри приміщень повинні відрізнятися [1, 2, 4 – 7].

Відомі шляхи керування акустичними параметрами приміщень полягають в зміні архітектури приміщень або акустичних матеріалів та їх розташування в приміщенні. Це не завжди зручно бо потребує часу перебування приміщення та високих економічних витрат.

Другим відомим шляхом є використання електронних систем керованих ревербераторів, але їх використання в основному обмежено точним розміщенням в приміщенні та фіксованим рівнем реверберації. При цьому такі системи не враховують дифузність складової звукового сигналу. Тому розробка системи регулювання комплексного коефіцієнта поглинання стін у приміщеннях, що адаптується до виду акустичної продукції тим самим керуючи акустичними параметрами приміщень є актуальним завданням.

Розглянемо об'єм приміщення в якому можлива когерентна взаємодія прямого звукового сигналу акустичної системи 1 та випромінюемого компенсуючою акустичною системою 1', що розташована на деякій відстані  $r_{(00')}$  від відбиваючої ділянки стіни 3, як показано на рисунку 1.

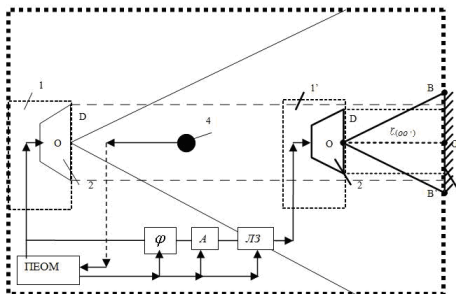


Рис. 1 – Принцип будови та розміщення акустичної системи відносно стіни 1 та 1' – акустичної системи; 2 – динамік акустичної системи; 3 – стіна; 4 – вимірювальний мікрофон; D – апертура динаміка; точка О – фазовий центр динаміка;  $\varphi$  – керований фазообертач по всьому спектру сигналу;

А – керований атенуатор; ЛЗ – керована лінія затримки

У даному випадку звукові сигнали на акустичні системи 1 та 1' подаються паралельно, але в акустичній системі 1' поступають через керовані атенуатор, фазообертач по всьому спектру сигналу та лінію затримки.

Відбитий від стіни звуковий сигнал акустичної системи 1 когерентно взаємодіє з прямим звуковим сигналом, що випромінюється з акустичної системи 1'.

Таким чином, змінюючи інтенсивність та фазу звукового сигналу акустичної системи 1' можна формувати необхідну інтерференційну картину поблизу області заданої ділянки приміщення та як наслідок регулювати комплексний коефіцієнт поглинання заданої ділянки стіни.

Хвилі називаються когерентними, якщо в довільній точці їхньої зустрічі різниця фаз коливань залишається постійною на визначений час.

Величина інтенсивності взаємодії звукових полів визначається значенням різниці фаз кожної складової спектру сигналів. Тобто, дослідження інтерференції хвиль зводиться до визначення різниці фаз та значень амплітуд звукових сигналів у точках їхньої зустрічі, якщо ці звукові сигнали когерентні.

Розглянемо як відбувається сумування когерентних звукових полів часток повітря у просторі приміщення.

Нехай маємо два когерентні джерела звукового сигналу  $S_1$  та  $S_2$ . Когерентні хвилі, що виходять із цих джерел, зустрінуться в деякій точці А простору приміщення, згідно рисунку 2.

Тобто  $E_{c1} = E_1 + E_{21}$ , а  $E_{c2} = E_2 + E_{12}$ ,

де  $E_{12}$  та  $E_{21}$  – відповідні проекції амплітуд коливання на розглядаємий напрямок коливання

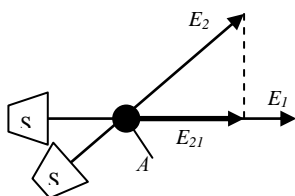


Рис. 2 – Відображення випромінювання двох когерентних звукових полів та їх сумування

Сумування поздовжніх коливань, які і є звуковими полями, розглянемо на прикладі коливальних часток повітря.

При зустрічі двох коливальних часток у деякій точці А простору приміщення сумування звукових полів відбувається по проекціям, як показано на рисунку 2.

Звукове поле (мова, музика, симфонія) відрізняються своїми часовими та просторовими когерентними властивостями, а саме часовою  $\tau_{коз}$  та



просторовою  $R(\tau)$  кореляційними функціями:

$$R(\tau) = \int U_c e^{j\omega\tau} \cdot U_c e^{j\omega(-\tau)} d\tau,$$

де  $U_c$  – інтенсивність,  $\tau$  – час затримки.

Як показано в [1], часова когерентність звукових полів знаходиться в межах  $0,01 < \tau_{\text{ког}} < 0,03$  секунд.

Звідси визначили простарову когерентність таких полів у межах  $3,4 < R_{\text{ког}} < 10,2$  метрів.

Таким чином, визначені межі застосування та отримані результати дозволяють стверджувати про можливість використання керованої інтерференції когерентних звукових полів для керування основними акустичними параметрами приміщень.

Звукові хвилі в закритих приміщеннях, багаторазово відбиваючись від його поверхонь, утворюють складне поле коливального руху часток повітря. Закони розподілу коливальної швидкості часток повітря, рівня звукового тиску, напрямку поширення акустичної енергії в закритих приміщеннях визначаються не тільки характеристиками джерел звуку, але також і геометричними розмірами, формою приміщення, здатністю стін, підлоги та стелі поглинати та відбивати акустичну енергію [3].

Відповідно до рисунку 1 розглянемо принципи роботи такої системи.

Звукове поле, що випромінюється акустичною системою 1 відбивається від ділянки ВВ' приміщення. Водночас з цим затримане звукове поле лінією затримки ЛЗ випромінюється акустичною системою 1' в такий час, що у поверхні відбиття від ділянки ВВ' відбувається когерентна взаємодія звукових полів обох акустичних систем.

Для таких умов необхідно забезпечити розміщення акустичної системи 1' на відстані  $r_{(OO')}$ .

Таким чином, інтерференція звукових полів призводить до зміни амплітуди та фази відбитих сигналів, що впливає на основні акустичні параметри приміщення в довільній точці зали, наприклад, точці А.

Беручи до уваги, що динамік акустичної системи розташовується на невеликій відстані  $r_{(O,O')} < \frac{D^2}{\lambda}$ , то "проекція" звукового поля на стіну підкоряється законам ближньої зони випромінювача.

У зв'язку із цим накладається обмеження на лінійний розмір області досить доброї взаємодії падаючої на стіну звукової хвилі та відбитої від стіни хвилі. Ця умова має такий вигляд

$$OB - r_{\text{доп}} \leq \frac{\lambda}{6},$$

що забезпечує умови когерентної взаємодії сигналів.

Дана умова дозволяє визначити лінійний розмір половини діаграми спрямованості динаміка акустичної системи на стіну  $O'B$ , а саме

$$O'B = \sqrt{\left(r_{\text{доп}} + \frac{\lambda}{5}\right)^2 - r_{\text{доп}}^2}.$$

За допомогою розміру  $O'B$  визначається площа поверхні  $S$ , яку охоплює діаграма спрямованості динаміка акустичної системи за формулою

$$S = \frac{\pi \cdot \alpha \cdot O'B^2}{4}.$$

Розміщуючи акустичні системи за таким принципом можна за допомогою цифрової обробки звукового сигналу керувати акустичними параметрами приміщень.

Такий принцип дозволяє нарощувати кількість випромінюючих акустичних систем і відповідно компенсуючих, при цьому кожна передаюча акустична система (1, 2...n) повинна через відповідні лінії затримки (ЛЗ<sub>1</sub>, ЛЗ<sub>2</sub>...ЛЗ<sub>n</sub>), керовані фазообертачі ( $\varphi_1, \varphi_2 \dots \varphi_n$ ) та відповідні атенуатори підключатись до кожної компенсуючої системи. Обмеження на кількість буде залежити від динамічного діапазону акустичних систем.

В якості прикладу розглянемо вплив компенсуючої системи, що розглянута на рисунку 1, на значення акустичного відношення прямо-

го  $\mathcal{E}_{\text{пряме}}$  та дифузного  $\mathcal{E}_{\text{диф}}$  звукових полів  $R = \frac{\mathcal{E}_{\text{диф}}}{\mathcal{E}_{\text{пряме}}}$  після першого відбиття від поверхні приміщення.

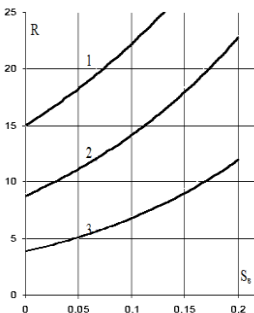


Рис 3 – Залежності акустичного відношення від характеристик акустичних систем, площі керуемого коефіцієнта поглинання поверхні залу та загальної поверхні залу

На рисунку 3 представлені залежності акустичного відношення від співвідношення площі відбиваючої поверхні з регулюємим коефіцієнтом

поглинання  $S_{рег}$  та загальної площі залу  $S_{залу}$ ,  $S_{\epsilon} = \frac{S_{рег}}{S_{залу}}$  при різних

значеннях співвідношення інтенсивності звукових полів формувемих акустичними системами 1 та 1' (залежності 1, 2, 3).

Таким чином запропонована методика керування акустичними параметрами без зміни архітектури приміщення та використання акустичної обробки матеріалами. Отримані результати дозволили визначити межі застосування керованої інтерференції звукових полів та відстань розміщення акустичних систем від стіни та між ними.

### *Література*

1. Радиовещание и электроакустика: Учебник для вузов / С.И. Алябьев, А.В. Выходец, Р. Гермер и др.; Под ред. Ю.А. Ковалгина. – М.: Радио и связь, 2000. – 792 с.: ил.
2. Акустика студий звукового и телевизионного вещания. Системы озвучивания: учебно-методическое пособие / Л.Г. Стаценко, Ю.В. Паскаль. – Владивосток: Издательство ДВГТУ, 2006. – 96 с.
3. Акустична техніка. Т. 4. Основи архітектурної та фізіологічної акустики. Навчальний посібник / Дідковський В.С., Луньова С.А. – Київ, 2001. – 424 с.
4. Акустика: Справочник / А. П. Ефимов, А. В. Никонов, М. А. Сапожков, В. И. Шоров; Под ред. М. А. Сапожкова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1989. – 336 с.
5. Роуж Дж. Звук для цифрового видео: запись и обработка. Пер. с англ. – М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2004. – 488 с.
6. Ньюзлл Ф.Р. Project-студии: Маленькие студии для великих записей / Пер. с англ. Ю. Зиненко, А. Поворознюка; Под ред. А. Кравченко. – Винница, 2002. – 271 с: ил.
7. В. С. Маньковский. Акустика студий и кинотеатров. (Акустика помещений для звукопередач). Часть II – Акустическое оборудование студий и кинотеатров. Учебное пособие для студентов заочного обучения. – Ленинград, 1977.

# ПРИНЦИП НАИМЕНЬШЕГО ДЕЙСТВИЯ В КУРСЕ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: Р. Богданов, А. Косвинцева*

*Рук.: проф. Е.С. Сыркин, асс А.А. Човпан*

Как известно, в курсе общей физики механическое движение изучается с использованием законов Ньютона. Этот подход представляется традиционным и закономерным, расширяя круг знаний, полученных студентами в старших классах средней школы. Однако с некоторых пор в технических университетах стран ЕС и США активно ведутся разработки по введению в курс общей физики понятия принципа наименьшего действия (т.н. принцип Гамильтона). Возможность применения принципа Гамильтона в курсе физики младших курсов активно пропагандируется, в частности, в Канаде, США, Словакии. Также предлагается студентам, особенно хорошо успевающим по данному предмету, овладение формализмом Лагранжа, основанном на принципе наименьшего действия. Тем не менее, несмотря на математическую изящность формализма Лагранжа, прежде чем приступить к его пояснению, необходимо добиваться глубокого понимания основополагающего в физике принципа наименьшего действия.

Согласно принципу наименьшего действия движение частицы в интервале  $t_1 \leq t \leq t_2$  между двумя заданными точками  $\vec{r}_1 = \vec{r}(t_1)$  и  $\vec{r}_2 = \vec{r}(t_2)$  происходит по такой траектории  $\vec{r}(t)$ , которая обеспечивает минимальное (или максимальное) значение функционала  $S$ , называемого в механике *действием*

$$S = \int_{t_1}^{t_2} L(t) dt ,$$

$$\text{где } L = T - U = \frac{mv^2}{2} - U(\vec{r}) . \quad (1)$$

Действие имеет размерность энергии, помноженной на время, т.е. такую же размерность, что и постоянная Планка  $\hbar$ . В докладе проводится доказательство перехода от принципа наименьшего действия ко второму закону Ньютона. Также проясняется вопрос, имеет ли действие  $S$  самостоятельный физический смысл.

Оказывается, что в квантовой механике для описания движения, вместо траектории  $\vec{r}(t)$ , используется так называемая амплитуда вероятности

для частицы, находящейся в исходный момент времени  $t_a$  в точке пространства "a", попасть в момент времени  $t_b$  в другую точку пространства "b". Если обозначить эту амплитуду вероятности через  $C_{a \rightarrow b}$ , то для нее справедлива следующая

$$C_{a \rightarrow b} = \sum_{\text{по всем путям из } a \text{ в } b} \exp \left[ \frac{i}{\hbar} S_{ab} \right] \quad (2)$$

Суммирование в этой формуле ведется по *всем путям*  $\vec{r}(t)$ , ведущим из точки "a" в точку "b". А в показателе экспоненты стоит действие  $S_{ab}$  (деленное на постоянную Планка  $\hbar$ ), вычисленное для каждого из таких путей. В этой формуле в компактном виде заключено одно из величайших творений человеческого гения — квантовая механика. Таким образом, не случайно размерность действия совпала с размерностью постоянной Планка.

Как из формулы (2) получить предельный переход к классической механике? Для макроскопических движений, описываемых классической механикой, действие очень велико и много больше постоянной Планка  $\hbar$ :  $S \gg \hbar$ . Поэтому для таких движений функция, стоящая под знаком суммы в уравнении (1), сильно осциллирует при малом изменении траектории, и вклады от близких траекторий в амплитуду вероятности почти полностью сокращают друг друга. Не сокращаются только вклады от тех траекторий, вблизи которых действие  $S$  практически не меняется. А это те траектории, для которых оно достигает минимального (или максимального) значения. Как раз эти-то траектории, соответствующие принципу наименьшего действия, и дают основной вклад в сумму! Вот так, в одной короткой формуле уживаются вместе и классическая, и квантовая механика.

Литература:

1. E. E. Taylor, **A call to action** // Arn. J. Phys., vol. 75 (5), 2003, p. 423-425;
2. T. Moore, **Getting the most action out of least action: A proposal** // Arn. J. Phys., vol. 27 (4), 2004, p.522-527;
3. J. Hanc, E. Taylor, S. Tuleja, **Deriving Lagrange's equations using elementary calculus** // Arn. J.Phys.,vol. 72 (4), 2004, p. 510-513;
4. J. Hanc, E. Taylor, **From conservation of energy of the principle of least action: A story line** // Arn. J.Phys., vol. 72 (4), 2004, p. 514-521;
5. J. Hanc Taylor, S. Tuleja, **Variational mechanics in one and two dimensions** // Arn. J. Phys., vol. 73 (7), 2005, p. 603-610;

**НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ**  
**БОЛЬШОЙ АДРОННЫЙ КОЛЛАЙДЕР**  
*Национальный технический университет*  
*«Харьковский политехнический институт»*  
*Ст.: О.Ю. Валенова, К.И. Ставрова, О.О. Бархотов,*  
*А.О. Лунев*  
*Рук. доц Т.И. Храмова*

Основные задачи физики элементарных частиц связаны с выявлением базовых закономерностей Природы, которым подчиняются процессы, происходящие как в микромире, так и в масштабе Вселенной, и описание которых возможно в рамках хорошо развитой теории, имеющей высокий предсказательный потенциал. Большой адронный коллайдер, или LHC (Large Hadron Collider), - это ускорительный комплекс, обеспечивающий столкновения встречных пучков протонов высоких энергий ( $7 \times 10^{12}$  электрон-вольт = 7 ТэВ, каждый). Он расположен в туннеле, образующем кольцо длиной около 27 км и проходящем по территории Швейцарии и Франции на глубине до 175м. Коллайдер предназначен для столкновений пучков протонов на скорости на миллионные доли процента меньшей скорости света с общей энергией 14 тераэлектронвольт, что значительно превосходит энергию существующих ускорителей. LHC — самая сложная экспериментальная установка, когда-либо созданная человеком. Ускоритель и детекторы начали строиться более 10 лет назад; отдельные их компоненты создавались и тестировались в сотнях научных лабораторий мира, да и сама сборка ускорителя и детекторов на месте заняла около двух лет. Вокруг Большого адронного коллайдера в СМИ создается множество легенд, в частности, о том, что в ускорителе могут возникнуть черные дыры, способные уничтожить коллайдер и привести к концу света. Ученые, работающие на LHC, в специальном отчете о безопасности отмечают, что столкновения той же мощности, что и на коллайдере, в природе происходят постоянно. Проводились исследования, которые показывают, что частицы космических лучей имеют энергии, значительно превосходящие энергию коллайдера, но это не привело к катастрофе. Черные дыры, которые, согласно некоторым теориям, якобы могут появиться при работе коллайдера, будут иметь время жизни столь малое, что просто не успеют начать поглощать материю. LHC предназначен, в частности, для получения информации о так называемом бозоне Хиггса. В рамках существующих представлений, эта частица отвечает за массу элементарных частиц. Ожидается, что данные LHC приведут к бурному

развитию физики элементарных частиц, что скажется на всей физике в целом.

# ВЛИЯНИЕ ПРЕССОВАНИЯ НА ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $\text{pPbTe-pPbSe}$

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. А.А. Месечко*

*Рук.: асп. О.С. Водорез, проф. Е.И. Рогачева*

Актуальной проблемой термоэлектричества является поиск материалов с высокими значениями термоэлектрической добротности, определяющей эффективность работы термопреобразователей и существенно зависящей от технологии приготовления образцов.

Твердые растворы  $\text{PbTe-PbSe}$  известны как перспективные материалы для термогенераторов, работающих в интервале температур 300-900 К. Наиболее часто на практике используются прессованные образцы, что определяет необходимость исследования термоэлектрических свойств не только в литом, но и в прессованном состоянии.

Ранее на изотермах микротвердости и коэффициента термо-Э.Д.С. литых образцов  $\text{PbTe-PbSe}$  в интервале составов 0,5-2,0 мол. %  $\text{PbSe}$  нами наблюдались аномалии свойств, которые связывались с наличием фазовых переходов перколяционного типа и сопровождающих их критических явлений. Представляло интерес выяснить, будут ли наблюдаться указанные аномалии свойств после прессования образцов.

Прессованные образцы были получены из литых поликристаллов с дырочным типом проводимости методом горячего прессования при температуре 650 К и давлении  $P = 400$  МПа. Все образцы подвергались гомогенизирующему отжигу в вакуумированных ампулах из жаростойкого стекла при 770 К в течение 260 часов. При комнатной температуре были проведены измерения микротвердости  $H$ , электро-проводности  $\sigma$ , коэффициентов Холла и Зеебека, в зависимости от состава, рассчитаны концентрация и подвижность носителей заряда  $\mu$ .

Установлено, что после прессования значения  $\sigma$  и  $\mu$  снижаются, а  $H$  – незначительно возрастает, что естественно связать с увеличением степени дефектности структуры. Отжиг прессованных образцов приводит к смене типа проводимости, свидетельствуя о нарушении стехиометрии, возможно, в результате частичного реиспарения  $\text{Te}$ . Наблюдаемый при этом резкий рост  $\sigma$  и  $\mu$ , а также снижение  $H$  указывают на повышение степени совершенства структуры. Концентрационные аномалии свойств в области 0,5-2,0 мол. %  $\text{PbSe}$  наблюдаются и в прессованных образцах.



# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОГОВОГО ТОКА ГЕНЕРАЦИИ В ПОЛУПРОВОДНИКОВОМ ЛАЗЕРЕ.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: М.С. Шемет, В.А. Власенко*

*Рук.: доц. Е.Т. Лемешевская, доц. В.В. Пилипенко.*

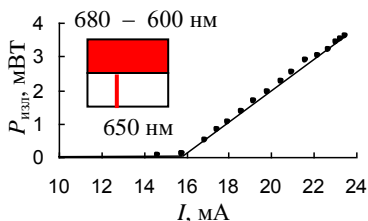
Полупроводниковые лазеры (ППЛ) широко используются в настоящее время. Наибольшее практическое применение получили инжекционные лазеры, в которых инверсная заселенность достигается инжекцией неосновных носителей через  $p$ - $n$  переход в вырожденные области полупроводника, а индуцированное излучение возникает при излучательной рекомбинации электронно - дырочных пар.

Для возникновения генерации необходимо создание такой инверсной заселенности зон, при которой усиление света в активной области перекрывало бы все потери, связанные с его прохождением через диод. Ток  $I_{\text{пор}}$ , при котором выполняется это условие, называют пороговым. До порогового тока лазер работает как обычный светодиод, испуская спонтанное излучение с равномерной плотностью во всех направлениях. Из светодиода выходит около 2% излучения, возникшего в нем в результате излучательной рекомбинации.

При переходе к режиму генерации практически все излучение концентрируется в плоскости  $p$ - $n$  перехода и распространяется перпендикулярно отражающим граням. Это приводит к резкому росту излучательной мощности и излому кривой зависимости  $P_{\text{изл}}$  от тока  $I$  при  $I = I_{\text{пор}}$ .

В данной работе в полупроводниковом лазере непрерывного действия с длиной волны 650 нм и максимальной мощностью 5 мВт был исследован режим перехода от спонтанного излучения светодиода к индуцированному излучению лазера. На рисунке приведена зависимость измеренной излучательной мощности лазера при различных токах инжекции. По излому кривой определен пороговый ток:  $I_{\text{пор}} = 15,8$  мА.

Однако оказалось, что пороговый ток можно определить по изменению вида спектра излучения, который изучался с помощью монохроматора УМ-2. Результат представлен на вставке к зависимости  $P_{\text{изл}} = f(I)$ : внизу показана линия индуцированного излучения, вверх – спектр излучения в режиме светодиода.



# **КОМПЬЮТЕРНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ОБРАЗОВАНИЯ СПИРАЛЬНЫХ ГАЛАКТИК**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Д. Потапенко*

*Рук. доц. И.В. Синельник*

Изучение сложных и удаленных объектов, таких как, например, космические тела, звезды и звездные системы далеко не всегда возможно осуществить непосредственно экспериментальными методами, а изучение их представляет значительный интерес с точки зрения формирования современной научной картины мира. В таких случаях эффективным методом исследования становится компьютерное моделирование. Одним из объектов, вызывающих интерес ученых, являются спиральные галактики. Спиральная галактика - скопление миллиардов звезд, при наблюдениях в телескоп имеющее вид яркого ядра, из которого выходят спиральные ветви (отсюда и происходит их название). Если смотреть на спиральную галактику со стороны оси, то она будет напоминать круговую систему. Спиральные ветви образованы множеством звезд и разреженным нейтральным газом, состоящим в основном из водорода. Клочковатость спиральных ветвей является признаком интенсивного звёздообразования в них: газ сгущается в группы звезд.

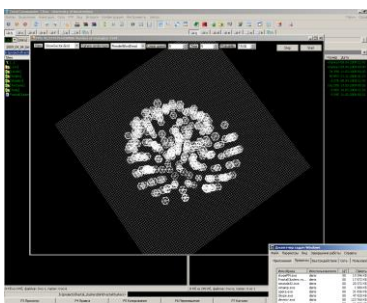
Распространяющееся формирование звезд позволяет использовать для изучения процессов образования спиральных галактик модель перколяции. Именно такой подход был предложен Шульманом и Сейденом [1]. Ранее нами была рассмотрена компьютерная реализация данной модели [2], которая показала качественное соответствие результатов моделирования наблюдаемым свойствам спиральных галактик. В работе мы расширили этот подход на трехмерный случай.

Модель была построена следующим образом: пространство, в котором происходит формирование галактики, представляет собой сферическую область. Сферическая область была разбита на слои – диски, каждый из которых, в свою очередь, был разбит на кольца. Диски и кольца могут совершать вращательное движение относительно оси, проходящей через центр сферы. Толщина каждого из дисков и колец одинакова. Разбиение выполнялось таким образом, чтобы все секторы имели одинаковый объем. Линейная скорость вращения отдельных секторов полагалась одинаковой, а угловая определялась в зависимости от степени удаления от оси вращения. Время формирования галактики было разбито на промежутки (временные шаги). В каждый из таких промежутков происходит образование новых звезд при наличии необходимых условий и закручи-

вание галактики – поворот отдельных секторов на углы, определяемые угловой скоростью движения и длительностью временного шага. Совокупность случайных факторов, влияющих на возможность образования новых звезд, – состав и плотность молекулярного газа, необходимые температура и давление – характеризуются обобщенным параметром – вероятностью того, в данном секторе возникнет сверхновая, если на предыдущем временном шаге в соседнем секторе образовалась звезда. В начальный момент времени в области образования спиральной галактики случайным образом возникает заданное количество сверхновых, каждая из которых в течение следующего временного шага (причем только одного временного шага) может стать причиной возникновения сверхновых в соседних областях галактики – секторах, имеющих общую границу с сектором, в котором есть сверхновая. Вновь образованные звезды, в свою очередь, могут стать причиной возникновения других звезд на следующем временном шаге.

Разработана программа для визуализации процесса возникновения «звезд» в сферической области. В программе использовались принципы объектно-ориентированного программирования. Был создан объект – сектор, поведением и свойствами, которого удалось управлять. Программа имеет модульную структуру, сформированную по функциональному признаку: модуль построения графического изображения, математические расчеты, логическая часть, отображающая физическую модель, система ввода-вывода.

В процессе компьютерного моделирования изменялись следующие параметры: количество слоев и концентрических колец, на которые разбивалась область формирования галактики, вероятность образования новой звезды, если в соседнем секторе существует сверхновая, линейная скорость вращения галактики, длительность временного шага и длительность наблюдения (количество временных шагов). Типичные результаты моделирования приведены на рис. Определены диапазоны параметров, при которых модель дает результаты, подобные изображениям реальных спиральных галактик, полученных с помощью телескопа.



1. L.S.Schulman, P.E.Seiden. Percolation and Galaxies. Science, **233**, 425 (1986).
2. Потапенко Д., Синельник И. Компьютерная реализация перколяционной модели образования галактик. – Материалы студенческой науч. конф. «Актуальные проблемы физики и их информационное обеспечение». – Харьков: НТУ «ХПИ», 2005. с. 56-57

# **ИЗМЕРЕНИЕ ДЕКРЕМЕНТА ЗАТУХАНИЯ КАМЕРТОНА КАК МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТИ**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: А.А. Железняк, З.С. Обложенко, О.В. Боротюк,  
Д.О. Титенко*

*Рук.: доц. В.А. Лыках, проф. Е.С. Сыркин*

Вискозиметры – приборы для измерения вязкости – в настоящее время широко применяются в различных областях науки и техники для исследования вязкоупругих свойств различных веществ (в основном жидкостей) [1]. По принципу работы существующие модели вискозиметров можно разделить на четыре основные группы: капиллярные, ротационные, с падающим шариком, вибрационные [1-4]. Капиллярные вискозиметры основаны на определении вязкости по измерению скорости вытекания струи жидкости или газа из капилляра. В ротационных вискозиметрах измеряется крутящий момент, передаваемый через исследуемую жидкость от одного цилиндра (конуса или сферы) другому. В вискозиметрах с падающим шариком вязкость определяется по установившейся скорости падения шарика в исследуемой среде. В вибрационных вискозиметрах вязкость определяется по затуханию колебаний зонда осциллятора, помещённого в исследуемую жидкость [1]. Большинство существующих моделей вискозиметров предполагают работу со сравнительно большими объёмами жидкостей (50 мл и более) [2], что не всегда возможно, например, при исследовании дорогих или токсичных жидкостей, а также при реологическом анализе крови [4,5].

Предлагаемая в работе [6] методика измерения вязкости по затуханию колебаний камертона свободна от этого недостатка, так как не требует погружения колеблющегося тела в исследуемую жидкость: капли вещества наносятся на поверхность камертона. Это позволяет уменьшить объем пробы до 1 мл и менее. Кроме того, описываемая лабораторная модель вискозиметра позволяет проводить измерения в режиме реального времени. Простота конструкции и доступность её компонентов делает лабораторную модель гораздо более дешёвой, чем промышленно выпускаемые приборы.

В предполагаемой методике принцип определения вязкости основан на измерении декремента затухания камертона. Эта работа может быть использована в лабораторном практикуме по теории колебаний, где уже есть работа по оптическому определению декремента затухания [7].

С методической точки зрения работа интересна как иллюстрация к изучаемым в рамках курса общей физики явлениям переноса [8]. На примере задачи о поведении капли, расположенной на колеблющемся камертоне, можно ознакомиться с процессом передачи импульса в вязких средах, реализующимся в виде так называемой вязкой поперечной волны, движение в которой от слоя к слою передается силой вязкого трения.

Используя формулу Ньютона для вязкого трения и уравнения колебаний капли [9] можно получить рабочую формулу [6]:

$$\eta \approx \frac{8k_{эфф}^2}{\rho\omega^5} \cdot \left( \frac{(\gamma - \gamma_0)}{S} \right)^2$$

для коэффициента динамической вязкости, где  $k_{эфф}$  коэффициент жесткости камертона,  $\omega$  - циклическая частота его колебаний,  $S$  – площадь капли,  $(\gamma - \gamma_0)$  – разность декрементов затухания с каплей и без неё,  $\rho$  - плотность капли.

Основной частью экспериментальной установки, показанной на рис.1, является высокочастотный лабораторный камертон [КАМ] с большой собственной частотой  $f=1600$  Гц, представляющий собой П образную металлическую рамку. Камертон зажимается в механический зажим [МЗ]. Для предотвращения утечки энергии колебаний контакт стержня [С] и зажима [МЗ] осуществляется через механический изолятор [МИ].

На поверхность камертона (на его «ножки») симметрично наносятся капли [К1 и К2] исследуемой жидкости, размеры которых для большей точности могут быть измерены окуляр-микрометром микроскопа [МС]. Колебания камертона возбуждаются деревянным молоточком [ДМ] и регистрируются с помощью микрофона [МФ], подключённого к компьютеру [ПК] (см. рис. 1). Эксперимент хорошо воспроизводим, поэтому все измерения могут быть проведены многократно, а данные – статистически обработаны.

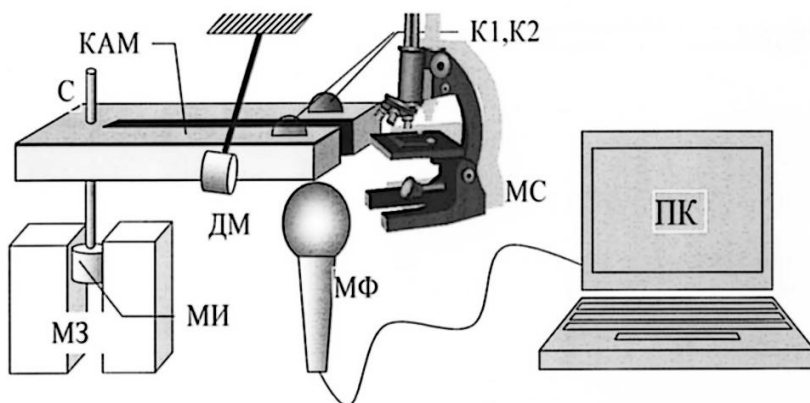


Рис.1

### Литература

1. Малкин А.Я., Чалых А.Е., Диффузия и вязкость полимеров. Методы измерения, М. 1979.
2. Вискозиметр ротационный цифровой,  
<http://www.sstu.edu.ru/research/ractivity/28.html>.
3. Стекланные капиллярные вискозиметры,  
<http://spb.org.ru/christmas/pribors/4204.html>.
4. Расулов С.М., Хамидов М.М., Установка для одновременного измерения давления, температуры, объема и вязкости жидкостей и газов, ПТЭ (Приборы и техника эксперимента), т. 42, N. 1, с. 148-150 (1999).
5. Малая медицинская энциклопедия, т. 2 с. 556, Москва, «Советская энциклопедия» (1991).
6. А.Г. Жданов, А.П. Пятаков, Измерение динамической вязкости жидкости по затуханию колебаний камертона, Физическое образование в вузах. Т. 8, № 4, с. 117-126 (2002)
7. Методические указания к лабораторным работам по разделу «Оптика» курса физики, под ред. Базакуца В.А., Харьков 1990.
8. Методические указания к лабораторным работам по разделу «Молекулярная физика и термодинамика» курса физики, под ред. Базакуца В.А., Харьков 1990.
9. Исакович М.А., Общая акустика, с. 62, Москва, «Наука», 1973.

# АБСОЛЮТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. К.С. Мандрыка*

*Рук.: с.н.с. доц. каф. ФМЭГ В.И. Шкалето,  
доц. Г.И. Копач*

Результаты оптических исследований позволяют определять ряд физических параметров материалов, для чего необходимо уметь определять оптические постоянные – комплексный показатель преломления (КПП). Обратная задача оптики тонких пленок позволяет находить КПП и толщину пленки по результатам оптических измерений коэффициентов отражения и прозрачности. В большинстве случаев достаточно проводить относительные измерения коэффициента отражения, при этом для обработки результатов измерений используется коэффициент отражения эталона. Эталон должен обладать или известным коэффициентом отражения, или известными оптическими постоянными, с помощью которых можно рассчитать коэффициент отражения для любого угла падения.

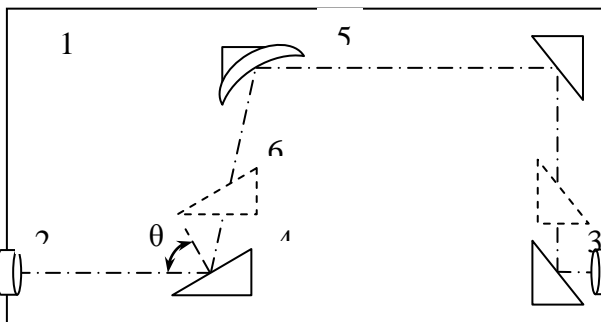
Данная работа обусловлена необходимостью экспериментального определения КПП эталона. Целью работы является разработка методики и проведение абсолютных измерений коэффициента отражения эталона и определение его КПП.

Оптическая схема приставки к спектрофотометру СФ-46 для абсолютного определения КПП приведена на рисунке 1.

В положении отражения световой пучок падает на эталон под углом  $\theta$ , а затем поворотная фокусирующая система зеркал направляет луч на выходное окно кюветного отделения. В положении «сравнения» первичный пучок проходит через кюветное отделение без изменений.

Эталон и зеркала поворотно-фокусирующей системы изготавливались одновременно методом термической конденсации в вакууме алюминия чистотой 99,99%. Осаждение на ситалловую подложку и вогнутую поверхность линзы велось в одном цикле при комнатной температуре и с максимально возможной скоростью конденсации для используемой установки УВН-70.

Измерение спектральных зависимостей коэффициента отражения эталона при двух различных углах падения  $\theta$  производились относительно первичного светового пучка с помощью спектрофотометра СФ-46 сопряженного с ЭВМ [1].



Оптическая схема приставки для измерения коэффициента отражения. 1 – Кюветное отделение спектрофотометра СФ-46; 2, 3 – входное и выходное окна кюветного отделения; 4 – зеркало–эталон; 5 – поворотная фокусирующая система зеркал; 6 – положение зеркал при измерениях относительно первичного светового пучка;  $\theta$  – угол падения света на эталон.

Поскольку эталон, вогнутое фокусирующее и все плоские зеркала приставки для измерения коэффициента отражения были получены в едином технологическом режиме, а подложки при этом находились на одинаковом расстоянии от испарителя, то полагаем, что оптические свойства пленок (КПП) алюминия на всех зеркальных поверхностях одинаковы.

При обработке результатов проведенных измерений предполагалось, что измеренный коэффициент отражения от эталона и поворотной фокусирующей системы зеркал можно представить в виде произведения коэффициентов отражения от каждой зеркальной поверхности:

$$R = R_{\theta} \cdot R_{\text{н}} \cdot R_{45^{\circ}}^2, \quad (1)$$

где  $R_{\theta}$  – коэффициент отражения от эталона при угле падения света  $\theta$ ;  $R_{\text{н}} \cdot R_{45^{\circ}}^2$  – коэффициент отражения от поворотной фокусирующей системы зеркал.

Для определения КПП эталона при двух различных углах падения  $\theta$  светового пучка на образец и эталон ( $\theta = 30^{\circ}$  и  $60^{\circ}$ ) использовалось соотношение (1). При этом решалась нелинейная система уравнений с помощью программы, написанной на языке Visual Basic.

В результате обработки результатов эксперимента был определен комплексный показатель преломления эталона. Численное моделирование коэффициента отражения эталона по найденному КПП при двух различных углах падения света на образец выполнялось с помощью программы MathCAD.



# ДЕЙСТВУЮЩАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ПУШКИ

*Харьковский национальный университет  
им. В.И. Каразина*

*Ст. В.С. Рождественский  
Рук.: доц. А.Р. Казачков, доц. Н.А. Макаровский*

Принцип действия электромагнитной пушки (ЭМП) заключается в том, что при прохождении тока через соленоид, в нём порождается магнитное поле, которое действует на ферромагнитный цилиндр («снаряд») таким образом, что он втягивается в соленоид. Если поле выключить, то разогнавшийся «снаряд» продолжит движение по инерции и вылетит наружу. Для того, чтобы он вылетел с наибольшей скоростью, ток необходимо выключить в тот момент, когда «снаряд» находится в центре соленоида, иначе он, двигаясь от центра соленоида к его краю, будет тормозиться магнитным полем соленоида. Потерявший скорость «снаряд» снова начнёт втягиваться в центр соленоида. Возникнут электромеханические колебания, частота которых зависит от свойств соленоида и массы «снаряда». Эти колебания будут демпфироваться силами трения и вихревыми токами в «снаряде».

Для достижения необходимого импульса тока соленоид через тиристорный ключ соединяется с предварительно заряженным конденсатором [1, 2]. Согласно с [1], намагниченное ферромагнитное тело «снаряда» можно заменить эквивалентной одновитковой катушкой длиной  $\Delta l$ , площадью  $S$ , по которой протекает ток.

Силу тяги соленоида определяем по [1, 3]. Пусть перемещение «снаряда» происходит таким образом, что потокоцепление контуров соленоида и «снаряда» остается неизменным. Тогда сила тяги  $F = \frac{dW_M}{dx}$  ( $dW_M$  – изменение энергии магнитного поля системы,  $dx$  – осевое перемещение «снаряда»). Согласно [4], изменение энергии магнитного поля

системы:  $dW_M = \frac{B \cdot H}{2} \cdot S \cdot dx$  ( $B$  – индукция,  $H$  – напряженность магнитного поля соленоида). После несложных преобразований  $F = \frac{\mu_0 \cdot N^2 \cdot I^2}{2 \cdot l^2} \cdot S$  ( $\mu_0$  – магнитная проницаемость вакуума,  $N$  – число витков соленоида,  $I$  – действующее значение тока соленоида,  $l$  – длина соленоида). Влияние вихревых токов не учитывается.

Согласно II закону Ньютона, ускорение «снаряда» массой  $m$  равно:  $a = \frac{F}{m}$ . Конечная скорость «снаряда»:  $V_K = a \cdot t_H$  ( $t_H$  – длительность импульса тока). При этом должно выполняться условие  $V_E \cdot t_E \leq l$ .

Были изготовлены две действующие модели ЭМП. Скорость «снаряда» определялась по высоте снижения траектории и с помощью оптронных датчиков положения «снаряда». Расчётные значения скорости неплохо соответствовали экспериментальным.

На второй модели ЭМП удалось добиться амплитуды тока 3800А при длительности импульса 500мкс. Току 3800А соответствует индукция 11Тл внутри соленоида. Конденсаторная батарея ёмкостью 800мкФ заряжалась до напряжения 1000В. При этом «снаряд» массой 1,05г разогнался до скорости 30м/с. Информация об одноступенчатых ЭМП с большей скоростью разгона не найдена.

Авторам не удалось найти описаний и методик расчетов ЭМП. Поэтому многие технические и технологические проблемы решены самостоятельно.

Индуктивность соленоида рассчитывалась по известным соотношениям [4], а также определялась измерителем R,L,C цифровым Е7-8. Для измерения тока использовался безиндуктивный шунт. Измерение напряжения производилось с помощью высоковольтного делителя. Необходимые осциллограммы регистрировались четырёхканальным цифровым осциллографом Tektronix TSP 2024. Для точного измерения скорости «снаряда» разработаны и изготовлены специальные оптронные датчики.

В процессе исследований варьировались величина ёмкости конденсатора, начальное напряжение конденсатора, параметры соленоида.

При проведении кинетических испытаний использовались «снаряды» различной массы. Для каждой конструкции ЭМП и параметров электрической схемы определялась масса «снаряда», при которой достигается максимальная скорость.

Для дальнейшего совершенствования ЭМП необходимо увеличивать индукцию магнитного поля, амплитуду импульса тока соленоида, а также уменьшать длительность импульса  $t_H$ . Это потребует увеличения напряжения на конденсаторе  $C$  и уменьшения индуктивности соленоида  $L$ , т.к.  $t_E = \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$ , согласно с [5]. Для увеличения плотности тока можно использовать в катушке провод-лицендрат и сверхпроводники и т. п. «Снаряды» должны быть шихтованными и изготавливаться из ферромагнетиков с максимальной величиной магнитной проницаемости. Зазор между соленоидом и «снарядом» уменьшается до минимума для обеспечения максимального потокоцепления.

Аналоги ЭМП могут найти применение, например, в устройствах для сортировки, перемещения и обработки ферромагнитных деталей.

#### Литература:

1. Л. А. Бессонов. Теоретические основы электротехники. Издание шестое. М. Высшая школа, 1973.
2. С. Г. Гинзбург. Методы решения задач по переходным процессам в электрических цепях. Издание третье. М. Высшая школа, 1967.
3. А. И. Даревский, Е. С. Кухаркин. Теоретические основы электротехники. Часть II. Основы теории электромагнитного поля. Под ред. проф. П. А. Ионкина. М. Высшая школа, 1965.
4. Жан Россель. Общая физика. Перевод с французского. Под ред. К. П. Яковлева. М. Мир, 1964.

# ОПЫТ К ТЕМЕ «ЦЕНТР ТЯЖЕСТИ. ВИДЫ РАВНОВЕСИЯ»

## ОПЫТ С ДИСКОМ, КАТЯЩИМСЯ ВВЕРХ ПО НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ

*Национальный технический университет  
"Харьковский политехнический институт"*

*Ст.: А.П. Бугаенко, С.И. Каширицев*




*Рук.: С.С. Кривонос, Ю.В. Меньшов*

Центром тяжести тела называется точка, относительно которой суммарный момент сил тяжести, действующих на систему, равен нулю.

В процессе рассмотрения центра тяжести целесообразно продемонстрировать опыт с диском, катящимся вверх.

На одном из оснований деревянного диска диаметром 25 см ближе к краю в углублении вставлен диск из свинца диаметром 5 см и высотой 5-6 мм. Это приводит к значительному смещению центра тяжести диска по отношению к геометрическому центру.

Если поставить диск на наклонную плоскость, можно наблюдать следующие случаи:

- |    |   |                     |
|----|---|---------------------|
| 1. |  | Диск катится вверх; |
| 2. |  | Диск катится вниз;  |
| 3. |  | Диск в равновесии;  |

В первом случае сила тяжести создает вращающий момент, благодаря которому диск поднимается вверх, а центр тяжести при этом опускается.

Во втором случае центр тяжести опускается вниз.

Тело, имеющее точку опоры, находится в равновесии в том случае, когда вертикальная прямая, проходящая через центр тяжести тела, проходит через точку опоры этого тела. При скатывании в третьем случае линия действия силы, проходящей через мгновенную ось вращения, момент силы тяжести равен нулю.

Если бы в первом случае диск покати́лся вниз, а в третьем — в любую сторону, то его центр тяжести поднимался бы. А это невозможно.

Таким образом, изменение геометрического центра диска полностью меняет его поведение.

Миргородський Б.Ю., Шабаль В.К. Демонстраційний експеримент з фізики., рад. школа, 1980.

# ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ЭФФЕКТА ХОЛЛА

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. О.Г. Шумаков*

*Рук.: доц. М.В. Лебедева, ст. пр. Т.Н. Шелест*

Эффектом Холла называют появление поперечной разности потенциалов  $U_{CD}$  в пластине, по которой течет электрический ток, если ее разместить в магнитном поле. Исследования, выполненные американским

физиком Э.Холлом в конце 19 века, показали, что холловская разность потенциалов прямо пропорциональна индукции магнитного поля, силе тока, который проходит через образец, и обратно пропорциональна толщине образца в направлении магнитного поля

$$U_{CD} = \frac{1}{R} \frac{BI}{b}, \quad (1)$$

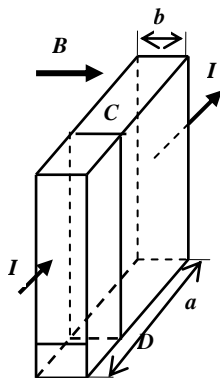
где  $R$ -постоянная Холла, которая зависит от рода вещества, из которого изготовлен образец.

Возникновение этого эффекта можно объяснить с точки зрения электронной теории, как следствия действия силы Лоренца на носители тока, движущиеся в магнитном поле. Действительно, если

вдоль пластины пропустить электрический ток  $I = envab$  (где  $v$ -средняя скорость направленного движения носителей тока,  $n$ - их концентрация,  $a \cdot b$  - площадь поперечного сечения образца,  $e$  - заряд носителя тока) и поместить ее в магнитное поле, то на носители тока будет действовать сила Лоренца  $F = evB$ . Под ее действием заряды будут отклоняться в направлении, перпендикулярном направлениям тока и магнитного поля. Отклонение будет происходить до тех пор, пока действие магнитного поля не уравнивается действием электрического поля

$evB = eE = e \frac{U_{CD}}{b}$ , где  $E = \frac{U_{CD}}{a}$  - напряженность электрического поля,

$U_{CD}$  - разность потенциалов между точками С и Д, которые при отсутствии магнитного поля были расположены на эквипотенциальной по-



верхности. Из приведенных выше формул вытекает выражение для холловской разности потенциалов

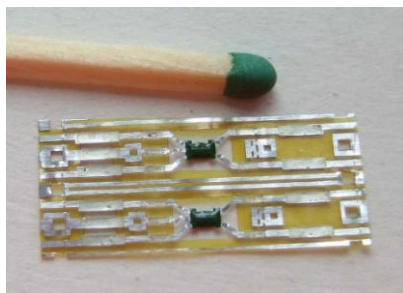
$$U_{CD} = \frac{1}{ne} \frac{BI}{b} \quad (2)$$

Сравнение формул (1) и (2) позволяет раскрыть физический смысл постоянной Холла  $R = \frac{1}{ne}$  и использовать этот эффект в научных исследованиях для определения знака и концентрации носителей тока в исследуемом материале.

Кроме того эффект Холла нашел применение в технике и метрологии. Промышленностью выпускаются так называемые датчики Холла - пластинки (или пленки) с известным значением  $\gamma$  :

$$U_{CD} = \gamma IB \quad (4)$$

где  $\gamma = \frac{R}{b}$  постоянная для данного конкретного датчика величина, определяющая его чувствительность. В качестве примера фотографии двух датчиков и обыкновенной спички представлены на рис 2. Такого типа датчики, например, используются в автомобильной промышленности для бесконтактных систем зажигания. Однако наиболее широкое применение они получили для измерения индукции постоянных и переменных магнитных полей. Малые размеры датчиков позволяют использовать их для измерений в узких зазорах, исследований неоднородных полей, где использование других методов затруднено.



В данной работе ставилась задача экспериментального исследовать эффект Холла на модельных образцах, изготовленных из пластин монокристаллического кремния с различным типом и уровнем легирования, и определить для них величину и знак постоянной Холла. Образец размещался между полюсными наконечниками электромагнита. Величина индукции поля в зазоре регулировалась током, текущим через его обмотки.

При выполнении работы:

- построены зависимости  $U_{CD}(I)$ ,  $U_{CD}(B)$ ,
- показано, что получаемые экспериментально зависимости линейные,
- определены значения чувствительности исследуемых датчиков и значения постоянной Холла для материала, из которого они изготовлены.

# ПОСТУЛАТЫ БОРА И ПРИНЦИП ДИСКРЕТНО-ЭСТАФЕТНОГО ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИИ В МИКРОМИРЕ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: С.А. Литвинов, В.О. Зенков, Р.А. Круглов*

*Рук. доц. В.В. Ушаков*

Главным истоком развития атомной физики послужила теория Бора для водородного атома, в которой противоречиво соединялись принципы классической электродинамики и априорно-квантового условия стационарных орбит. Малоизвестно, что Бор пришел к идее квантования момента импульса электрона

$$mvr = \frac{n\hbar}{2\pi} \quad (1)$$

располагая эмпирической формулой для энергии атома  $E_n \sim \frac{R}{n^2}$ , вытекающий из спектроскопических закономерностей для водорода, из которой следовало соотношение (1). Бор шел обратным путем: исходя из соотношения (1), как постулата, соединив с ним классическое уравнение движение электрона на орбите за счет кулоновской силы, назвав орбиту стационарной, он получил квантованные значения энергии атома, а отсюда – и частоты светового излучения [1].

Соотношение (1) и само понятие стационарной орбиты оставались декларативными. Постулированное впоследствии Шредингером волновое уравнение несколько улучшило ситуацию, но так и не прояснило физической сущности стационарных состояний.

Оказывается, можно было избежать противоречивости еще в теории Бора (т.е. не обращаться к закону Ньютона на орбите электрона) и обосновать стационарность состояний, опираясь на принцип дискретно-эстафетного движения (ДЭД) элементарных частиц [2].

Принцип ДЭД исходит из релятивистского состояния между полной энергией частицы  $\varepsilon$ , импульсом  $\rho$  и энергией покоя  $m_0 c^2$

$$\varepsilon^2 = c^2 \rho^2 + m_0^2 c^4$$

допускающим состояния с отрицательной энергией и массой. Интерпретацию таких состояний дал П.Дирак: в наблюдаемом нами физическом мире почти все состояния с отрицательной энергией заполнены; материя находящаяся в этих состояниях не создает внешнего поля и, следовательно, ненаблюдаемая; распределение, в котором все состояния с отрица-

тельной энергией заняты, а все состояния с положительной энергией свободны, является нормальным состоянием вакуума; все античастицы отождествляются с вакансиями в распределении состояний с отрицательной энергией. Уровню  $\varepsilon_0 = 0$  в теории Дирака не придавалось какой либо физической роли.

Принцип ДЭД включает два положения, которые поясняют Рис. 1 а, б и Рис. 2.

Движущаяся элементарная частица находится в динамическом равновесии с вакуумом и представляет собой двухфазный осциллятор [3]. Это означает, что электрон появляется в реальном мире из возбужденного состояния или вакуума и вновь исчезает в нем.

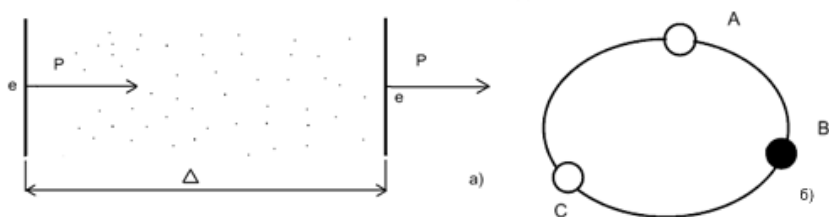


Рис.1

Частице в реальном мире соответствует энергия  $\varepsilon^+ = mc^2$  (рис. 2)

Рис.2

В присутствии силовых полей, линии соответствующие энергии покоя  $m_0 c^2$  в области положительных и отрицательных энергий симметрично изгибаются относительно уровня  $\varepsilon_0 = 0$ . Они обозначены как  $m_0^*(x) c^2$ . Очевидно  $[m_0^*(x) - m_0] c^2 = U(x)$  - потенциальная энергия в силовом поле.

Уровень  $\varepsilon = 0$ , разделяющий положительную и отрицательную области энергий, соответствуют отсутствию (исчезновению) частиц в реальном мире, и в то же время – возбуждённому состоянию вакуума, вызванному данной частицей, на уровне  $\varepsilon^- = -mc^2$ . Обратный переход вакуума в нормальное состояние вызывает появление такой же частицы в реальном мире на уровне  $\varepsilon^+ = mc^2$  (рис. 2). Конкретный пример для атома водорода приведён на рис. 1б. Электрон, появившейся из возбужденного вакуума в ячейке А, тут же исчезают, передавая импульс, энергию и заряд вакууму. Спустя время Т, в результате разрядки вакуума, в другой ячейке В

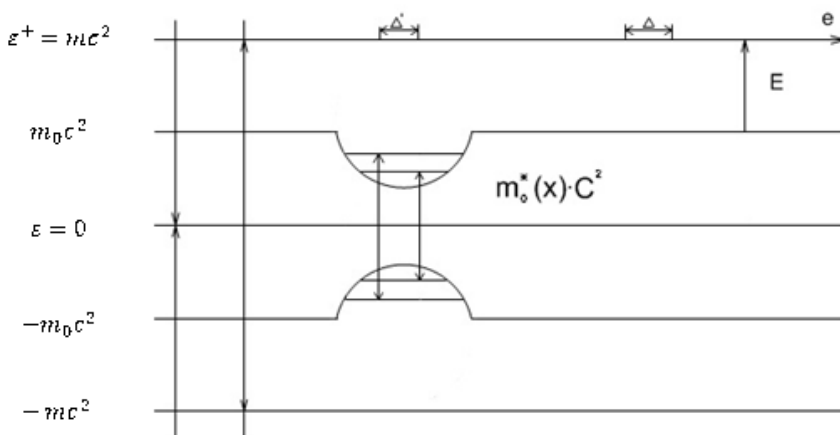


возникает электрон, принявший эстафету от предыдущего. Передатчиком эстафеты является вакуум. Эстафетный шаг (ЭШ)  $\Delta = V \cdot T = (P/m) \cdot T$ , где  $V$ - эстафетная скорость передачи возбуждения (определять скорость как производную  $dt/dt$  теперь уже невозможно).

В случае финитного движения на рис. 1б ячейки А, В, С могут оказаться регулярными. Тогда механическое движение в реальном мире отсутствует, поэтому радиоизлучение невозможно. Такие состояния в ДЭД будем называть стационарными. Для (квази) стационарного состояния необходимо, чтобы размер финитного движения был кратен эстафетному шагу:

$$2\pi r = n\Delta \quad (2)$$

При условии (2) электрон представляет собой стоячую, двухфазную эста-



фетную волну[3].

Частота появления свободной элементарной частицы в реальном мире (положительная фаза нулевой длительности) постулирована так, чтобы групповая скорость эстафетной волны равнялась измеряемости эстафетной скорости в реальном мире [2]:

$$V = \frac{c^2(m - m_0)}{\hbar} = \frac{1}{T} \quad (3)$$

Тогда эстафетный шаг для электронов (см. [2],[3]):

$$\Delta_s = (2\hbar/p)^* = \hbar/p \quad (4)$$

Коэффициент 1/2 учитывает два возможных состояния электрона на возбуждённом уровне энергии [3].

Полную энергию электрона – E будем отсчитывать от уровня  $m_0 c^2$  (рис. 2).

Тогда

$$E = \{m c^2 - m_0^*(r) c^2\} + \{m_0^*(r) c^2 - m_0 c^2\} = \\ = \varepsilon_k + V(r) = \rho^2 / 2 m_0 - e^2 / 4 \pi \varepsilon_0 r \quad (5)$$

где  $\varepsilon_k$  – кинетическая энергия, U(r)-потенциальная энергия, e – заряд электрона,  $\varepsilon_0$  – электрическая постоянная.

Потребуем минимизации полной энергии среди всех орбит:

$$\frac{dE}{dr} = -\frac{n^2 \hbar^2}{4 \pi m_0 r^3} + \frac{e^2}{4 \pi \varepsilon_0 r^2} = 0 \quad (6)$$

$$\text{Откуда } r_n = \frac{\hbar^2 \varepsilon_0}{\pi m_0 e^2} n^2 \quad (7)$$

Решая совместно (2),(4),(5) и (7), получим:

$$E_n = -\frac{m_0 e^4}{8 \varepsilon_0 \hbar^2} \cdot \frac{1}{n^2} = -\frac{R \hbar}{n^2} \quad (8)$$

Где  $R = 2,07 \cdot 10^{16} \text{ c}^{-1}$  – постоянная Риберга.

Формулу (8) в динамике ДЭД можно получить более строго, из уравнения для эстафетно - волновой функции [3].

Литература:

1. Савельев Н.В. Курс общей физики, Т.3-М.:Наука,1979.
2. Ушаков В.В. Парадигма Планка в аспекте дискретно-эстафетного движения элементарных частиц. Доклады XXI международных чтений. Великие преобразователи естествознания: Макс Планк. Минск,2006, с. 223-226.
3. Актуальні проблеми фізики. Тези доповідей VIII регіональної

# ДВУХФОТОННЫЙ ФОТОЭФФЕКТ И ЭФФЕКТ КОМПТОНА В ДИНАМИКЕ ДИСКРЕТНО- ЭСТАФЕТНОГО ДВИЖЕНИЯ (ДЭД) ЭЛЕМЕНТАР- НЫХ ЧАСТИЦ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

**Ст.: Н.Б. Заболотная, Е.Ю. Берестюк, М.Д. Яременко**

**Рук. доц. В.В. Ушаков**

Принцип ДЭД сформулирован в 2006 г. [1] по мотивам проблем, возникших еще в начале прошлого века, сразу после введения понятия «фотон»; объяснения на этой основе явлений фотоэффекта, а позже – и эффекта Комптона [3].

Логические трудности при истолковании обоих эффектов в рамках корпускулярно-волнового дуализма, проследим на мысленном опыте. Пусть тонкая металлическая пластина облучается жесткими фотонами с энергией  $h\nu_0 \gg A$  – работа выхода электрона из металла. Мыслимы только два выходных канала:

$$\text{I} \left\{ \begin{array}{l} h\nu_0 = A + \frac{P_e^2}{2m_0} + h\nu \quad (1.1) \\ \frac{\vec{h\nu_0}}{e} = \frac{\vec{h\nu}}{c} + \vec{P_e} \quad (1.2) \end{array} \right.$$

$$\text{II} \left\{ \begin{array}{l} h\nu_0 = A + \frac{P_e^2}{2m_0} \quad (2.1) \\ \frac{\vec{h\nu_0}}{c} = \vec{P_e} + \vec{P_k} \quad (2.2) \end{array} \right.$$

где  $P_e$  – импульс вылетающего электрона,  $\nu_0$  – частота падающего излучения,  $\nu$  – частота рассеянного излучения,  $c$  – скорость света,  $P_k$  – некоторый импульс, обеспечивающий закон сохранения в (2.2)

Эйнштейн (1905 г), вообще, не рассматривал возможность первого канала, для фотоэффекта (при любых соотношениях  $h\nu_0$  и  $A$ ), что оправдалось впоследствии в опытах Милликена. Первый канал – открытие Комптона [3]. Сдвиг частот ( $\nu_0 - \nu$ ) дает решение уравнений (1.1) и (1.2) при  $A \rightarrow 0$  [3]. Однако из уравнений 1 и 2 вытекают три логических затруднения.

1. Почему одинаковые фотоны, при равной работе выхода, в первом случае рассеиваются на слабосвязанных электронах, а в другом – исчезают, передавая всю свою энергию электрону? Почему существуют два различных «механизма» появления электронов? Квантовая механика не дает ответов.

2. Еще большее затруднение в соотношениях (2.1) – сохранение энергии, и (2.2) – сохранение импульса в системе, при их совместном рассмотрении. Дело в том, что в (2.2) нельзя положить  $P_k = 0$ , т.к. в СТО (и это легко доказать) электрон не может поглотить фотон – частицу с нулевой массой покоя. Даже в классическом аспекте (при  $A \rightarrow 0$ ) из (1.2) и (2.2) получаем:  $P_e = 2m_0c$ , независимо от импульса фотона, что абсурдно. Забвение этих принципов приводит иногда к порочным выводам: «... В случае фотоэффекта этот закон (сохранения импульса), очевидно, не выполняется» (см.[1] стр.199). Остается единственная альтернатива для (2.2): импульс  $P_k$  воспринимается всей кристаллической решеткой металла и зависит от направления вылета фотоэлектрона. Однако, почему исчезнувший фотон, двигаясь в пустом пространстве, передает электрону всю свою энергию, и только часть импульса – объяснить невозможно.

3. Третье затруднение явилось результатом дискуссии между Планком, Резерфордом и Эйнштейном относительно физической сущности соотношения  $E = h\nu$ . В правой части стоит величина, связанная с волновым пакетом, излученным атомом. Естественно, возник вопрос: каким образом поглощающий атом (или электрон в атоме) «узнает» о значении энергии фотона, если она поступает на электронные оболочки за несколько тысяч колебаний. Вопрос оказался настолько запутанным, что Эйнштейну пришлось прекратить дискуссию, завершив ее словами: «Если кто-нибудь скажет, что он понимает физический смысл выражения  $E = h\nu$ , он лжец» (см.[1] стр.97). Вердикт остается актуальным и в наши дни, т.к. в явлениях интерференции, по-прежнему, пользуются волновым пакетом, якобы излучаемым атомом за время  $\tau \approx 10^{-8}$  с, хотя на самом деле,  $\tau$  – время жизни атома в возбужденном состоянии, а переход атома осуществляется мгновенно, как утверждает второй постулат Бора [3]. Это

скрытое противоречие присутствует, к сожалению, и в учебной литературе. Принцип ДЭД имел целью устранить указанные затруднения, вскрыть онтологию корпускулярно-волнового дуализма, в первую очередь – соотношения  $E = h\nu$ . Основные его положения изложены в [1,2] и в настоящем сборнике.

В применении к нашей задаче сущность ДЭД поясняет рис.1. По вертикали отложена энергия материи, по горизонтали – координата X. Область энергий ниже уровня  $\epsilon=0$  соответствует нормальному состоянию вакуума, как материи с отрицательной массой. Электрону с положительной энергией  $mc^2$  в реальном мире соответствует возбужденный уровень вакуума –  $mc^2$ . Линии энергии покоя электрона  $m_0(x)c^2$  зеркально изгибаются относительно уровня  $\epsilon=0$ , если электрон оказался в потенциальном «ящике» металлической пластины. Между  $m_0(x)c^2$  и  $-m_0(x)c^2$  находится запрещенная зона энергий электрона. Работа выхода  $A = m_0c^2 - mc^2$ , где  $mc^2$  – максимальная энергия электрона в потенциальном «ящике». Под словом «электрон» теперь понимается не частица, а двухфазный осциллятор скачкообразного типа, который находится в динамическом равновесии с вакуумом [2]. Сосуществуют положительная и отрицательная фаза осциллятора. Первая имеет нулевую длительность и соответствует такому состоянию, когда электрон появился с положительной энергией из ранее возбуждённого вакуума на мгновение, в виде точки, и тут же исчез, возбудив, тем самым уровень вакуума –  $m \cdot c^2$  (при этом отрицательная энергия вакуума возрастает на  $+m \cdot c^2$ ). Исчезнув, электрон передал импульс и заряд вакууму (отрицательная фаза). Спустя некоторое время T, в другой точке вакуума, в результате его разрядки на уровень  $-m \cdot c^2$ , возникает электрон, принявший эстафету от предыдущего. Такой же механизм передачи эстафеты и для фотонов[1], с той лишь разницей, что для фотонов не существует запрещённой энергетической зоны и они могут переводить электронно-вакуумные осцилляторы из одного состояния в другое, когда те находятся в отрицательной фазе. Исчезая в вакууме, фотоны способны передать свой импульс на любой уровень вакуумной материи –  $m \cdot c^2$  от  $\epsilon=0$  и ниже. Таким образом, в ДЭД энергия фотонов  $E=h\nu$  связана не с частотой волнового пакета (как полагалось в дискуссии), а с частотой  $\nu$  появления точечных эстафетных меток фотона в реальном мире положительных энергий. Эстафетная скорость фотонов равна скорости света, но фактически они не движутся в реальном мире, обладая на каждой эстафетной отметке импульсом и энергией. В работах [1,2] доказано, что эстафетный шаг для фотонов и электронов подчиняется единой

формуле:  $\Delta = h/P$ , где  $P$  - импульс, и что эстафетное движение двух-фазного осциллятора порождает эстафетную волну с длиной  $\lambda = \Delta$ .

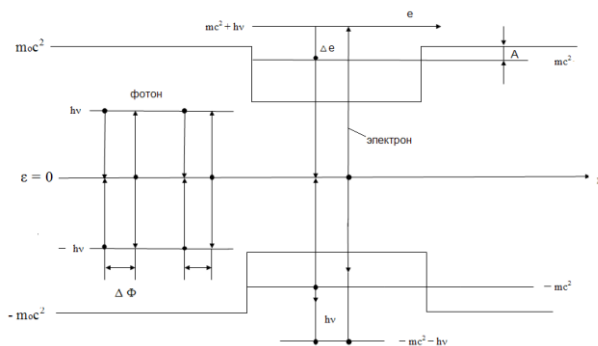
Возвратимся к диаграмме на рис.1, и проследим за электронным осциллятором в пластине, имеющем максимальную энергию. Анализируя диаграмму, читатель легко придёт к трём выводам:

1) Внешний фотоэффект возникает, когда эстафетный фотон встречает электронный осциллятор в отрицательной фазе. В этом случае фотон передаёт всю свою энергию вакууму уже возбуждённому на уровне  $-m \cdot c^2$ . В результате будет возбуждён уровень  $(-m \cdot c^2 - h \cdot \nu)$  в отрицательной фазе осциллятора. При переходе в нормальное состояние вакуум выбрасывает в реальный мир электрон с энергией  $(m \cdot c^2 + h \cdot \nu)$ . Часть дополнительной энергии  $h \cdot \nu$  затрачивается на работу выхода и вне пластины кинетическая энергия равна  $h \cdot \nu - A$ , а частота нового осциллятора  $\nu' = \nu - A/h$ .

2) Если в сфере эстафетного шага электронов появится два эстафетных фотона (что возможно при лазерно облучении) электрон получит дополнительную энергию  $2 \cdot h \cdot \nu$  и за пластиной возникает электронный осциллятор с частотой  $\nu' = 2\nu - A/h$ .

3) Эффект Комптона возникает, когда электронный осциллятор находится в положительной фазе. В этом случае импульс электрону передаёт вакуум, возбуждённый эстафетным фотоном.

Резюмируя, можно представить оба эффекта, как результат спорадического появления в вакууме квантов двух полей, с возможностью взаимной передачи импульса и энергии.



1. Ушаков В.В. «Парадигма Планка в аспекте дискретно-эстафетного движения элементарных частиц. Доклады XXI международных чтений. Макс Планк». Минск, 2006, с. 223-226.

2. «Актуальні проблеми фізики». Тези доповідей VIII регіональної наукової студентської конференції Харків 2008, с. 45-48, 54-56.
3. Савельев И.В. «Курс общей физики», Т.3. – М: Наука, 1979.

# КВАНТОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОТОКА ДЛЯ СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО КОЛЬЦА В ДИНАМИКЕ ДИСКРЕТНО-ЭСТАФЕТНОГО ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Т.Л. Омеляненко*

*Рук. доц. В.В. Ушаков*

Квантование магнитного потока было предсказано Ф. Лондоном [1], еще до появления теории БКШ [2], основанной на существовании связанных электронных пар в сверхпроводниках. В предложенной им модели электроны движутся по гигантской боровской орбите с присущей ей условием квантования:

$$mvr = N \cdot h/2\pi \quad (1)$$

где  $m$  – масса электрона,  $v$  – его скорость,  $r$  – радиус кольца,  $h$  – постоянная Планка. Полученное значение для кванта магнитного потока  $\Phi_0 = h/e$  ( $e$  – элементарный заряд) в два раза превышало экспериментальное. Рассмотрим эту проблему в динамике дискретно-эстафетного движения (ДЭД) электронов.

Принцип ДЭД в микромире базируется на двух постулатах [3, 4]:

1. Движущийся электрон есть двухфазный осциллятор скачкообразного типа, порождающий эстафетную волну в вакууме, как разновидности материи с отрицательной массой [3]. В положительной фазе осциллятора электрон обладает энергией  $E = +mc^2$ , вакуум находится в нормальном состоянии; в отрицательной фазе – электрон исчез в реальном мире положительных энергий, возбудив при этом уровень вакуумной материи  $-mc^2$  до нулевой энергии. Поскольку длительность положительной фазы равна нулю, перенос энергии в эстафетной волне происходит без вовлечения среды в поступательное движение. Перенос массы, заряда и импульса осуществляется посредством вакуума, эстафетным способом, в зоне отрицательных энергий под уровнем  $E = 0$  [3]. Групповая скорость эстафетной волны равна скорости электрона в реальном мире ( $v = p/m$ ), поэтому эстафетный шаг появления элементарной частицы из возбуждаемого вакуума оказался равным [3, 4]:



$$\Delta = 2h/p \cdot g_s \quad (2)$$

где  $p$  – внесенный в вакуум импульс,  $g_s = 2S + 1$  – кратность вырождения возбуждаемого уровня энергии,  $S$  – спин частицы на данном уровне.

- В (квази)стационарном состоянии электрон – вакуумного осциллятора эстафетные метки появления электрона в реальном мире должны быть регулярными. Для сверхпроводящего кольца последнее означает, что на длине кольца должно умещаться целое число эстафетных шагов:

$$2\pi r = N \cdot \Delta_e = N \cdot 2h/p \cdot g_s \quad (3)$$

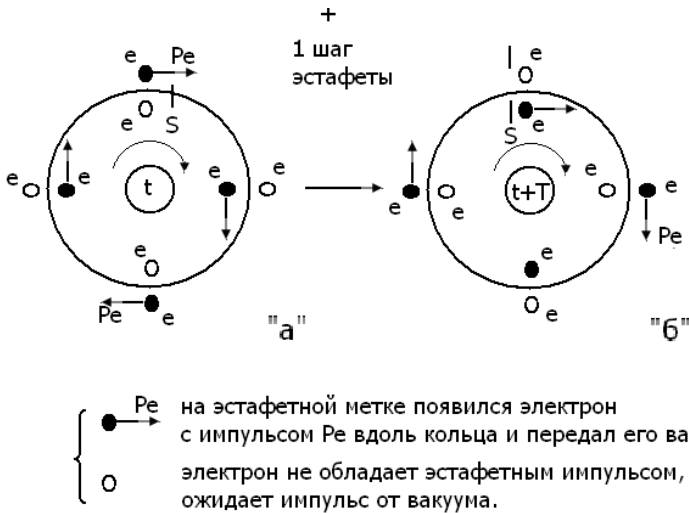


Рис. 1. Диаграмма мысленного опыта

В этой связи рассмотрим мысленный опыт. Разместим кольцо при температуре  $T < T_K$  в потоке  $\Phi$  внешнего магнитного поля. При снятии потока в кольце индуцируется ток  $I$ , создающий поток той же величины  $\Phi$ ; выполненная работа внешних сил  $\Phi \cdot I/2$  равна приращению кинетической энергии электронов:

$$\Phi \cdot I/2 = \Delta E_K = K \cdot n_e \cdot p_e^2/2 \cdot m_e \quad (4)$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий эстафетный характер движения  $n_e$  электронов в кольце. В начальном, стартовом состоянии эстафеты половина электронов владеет импульсом  $p_e$ , вторая половина ожидает принятия импульса, поэтому следует положить  $K = 1/2$ . Приводим более строгое доказательство.

Оказывается, что условия (3) еще недостаточно для запрета радиоизлучения; уже при  $N \geq 2$  оно возможно, если электронные осцилляторы движутся независимо (второй постулат Бора). Остается единственная альтернатива: кольцо должно включать конечное число цепей, каждая из которых состоит из связанных электронно-вакуумных осцилляторов, при этом каждая пара осцилляторов связана с соседней парой эстафетным электронным шагом  $\Delta_e$ . В отличие от связанных гармонических осцилляторов (пружинных, электромагнитных и т. д.), где взаимная перекачка энергии от максимума до нуля и обратно происходит постепенно, в ДЭД она осуществляется скачкообразно, при завершении эстафетного шага.

Для иллюстрации рассмотрим конкретную цепь из  $n_e = 8$  электронных осцилляторов, но для двух моментов времени, разделенных одним шагом эстафеты (Рис. 1). Число связанных осцилляторов в кольце  $n_K = n_e/2 = 4$ . До появления тока в кольце, при  $T < T_K$  взаимная перекачка энергии в каждой паре, содержащейся в кристаллической решетке, уже существует, однако импульс вдоль кольца равен нулю. В момент включения магнитного потока импульс и заряд передают вакууму те осцилляторы в парах, которые имеют большую энергию на данный момент, по сравнению с их «визави» (темные кружки на Рис. 1). Поэтому формула (4) запишется в виде:

$$\Phi \cdot I/2 = \frac{1}{2} \cdot n_e \cdot p_e^2/2 \cdot m_e \quad (4')$$

т. е. в аспекте связанных осцилляторов  $K = 1/2$ , что подтверждает эстафетный принцип движения (см. выше – (4))

Сравнивая состояния «а» и «б» кольца, на рис. 1, легко видеть, что состояние «б» получается трансляцией носителей из состояния «а» путем поворота всей системы зарядов на угол  $\Delta\phi = \pi/2$ . В этой связи равнозначны два утверждения: ток  $I$  вызван эстафетной скоростью электронов  $v_e = p_e/m_e$ , или – ток создают спаренные электроны с зарядом  $q_K = 2e$ . Т. к. эстафетный шаг для электронов –  $\Delta_e$  и связанных электронов –  $\Delta_K$  одинаков, а спин пары равен нулю, то

$$2 \frac{\hbar}{m_K \cdot v_K} = 2 \frac{\hbar}{m_e \cdot v_e \cdot g_s} \quad (5)$$

Поскольку для электронов  $g_s = 2$ ,  $m_k = 2m_e$ , из (5) следует  $v_k = v_e$ .

Отсюда, силу тока в кольце можно записать двояко:  
для электронов

$$I = n_e \cdot \frac{v_e}{r} \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot e = \frac{n_e \cdot p_e \cdot e}{2\pi r \cdot m_e} \quad (6)$$

или в парном аспекте:

$$I = n_k \cdot \frac{v_k}{r} \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot q_k = \frac{n_k \cdot p_k \cdot e}{2\pi r \cdot m_e} \quad (7)$$

В обобщенном виде:

$$I = \frac{n \cdot p}{2\pi r \cdot m} \cdot q \quad (8)$$

Легко показать что кинетическая энергия в правой части (4'):

$$\Delta E_k = \frac{1}{2} \cdot n_e \cdot p_e^2 / 2 \cdot m_e = \frac{1}{2} \cdot n_k \cdot p_k^2 / 2 \cdot m_k \quad (4'')$$

или в обобщенном виде:

$$\Delta E_k = 1/2 \cdot n \cdot \frac{p^2}{2m} \quad (9)$$

Решая совместно (4'), (8) и (9), получим:

$$\Phi = n \cdot \frac{\hbar}{q \cdot g_s} \quad (10)$$

$$\text{Поэтому } \Phi = n \cdot \frac{\hbar}{2e} \quad (10)$$

независимо от нашего субъективизма на природу носителей заряда в кольце. Существование куперовских пар в кристаллической решетке сверхпроводника естественным образом вытекает из соотношения (2), полученного в динамике ДЭД, что и подтвердилось в нестационарном эффекте Джозефсона [2]. Примечательно, что соотношение (2) для эстафетного шага электронов (длины эстафетной волны) коррелируется и с опытами Дависсона-Джермера по дифракции электронов [3, 4].

1. Кресин В. 3. Сверхпроводимость и сверхтекучесть – М.: Наука, 1978, с. 43-46
2. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. – М.: Наука, 1978, с. 446-448.
3. Ушаков В. В. Парадигма Планка в аспекте дискретно эстафетного движения элементарных частиц. Доклады XXI международных чтений. Макс Планк. Минск, 2006, с. 223-226.

# ВРЕМЕННАЯ КОГЕРЕНТНОСТЬ В ДИНАМИКЕ ДИСКРЕТНО – ЭСТАФЕТНОГО ДВИЖЕНИЯ (ДЭД) ФОТОНОВ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: Т.В. Приходько, А.В. Савченко*

*Рук.: доц. В.В. Ушаков, доц. А.А. Рожков*

В работе [1] рассмотрена интерференция эстафетных фотонных волн в двухщелевом интерферометре Юнга, основываясь на концепции двух-фазного осциллятора [2] и принципа Гюйгенса, однако опущены два актуальных вопроса: как трактовать временную когерентность для эстафетных волн и их амплитуду? Рассмотрим эту проблему в мысленном эксперименте по рис. 1.

Точечный источник фотонов – **И** находится в фокусе линзы **Л**, после которой свет проходит регулярную структуру – дифракционную решетку **Д**. Распределение интенсивности света наблюдается на удаленном экране **Э**.

Линза **Л** превращает сферическую эстафетную волну в плоскую, в пространстве между **Л** и **Д**. Это означает, что эстафетные метки фотонов возникают, в основном, в параллельных плоскостях, отстоящих друг от друга на расстоянии эстафетного шага  $\Delta$ , который выполняет роль длины  $\lambda$  эстафетных волн [1].

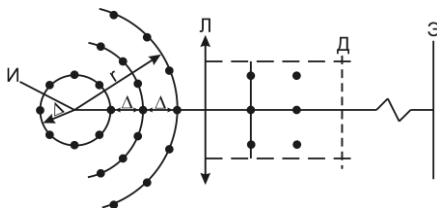


Рис. 1

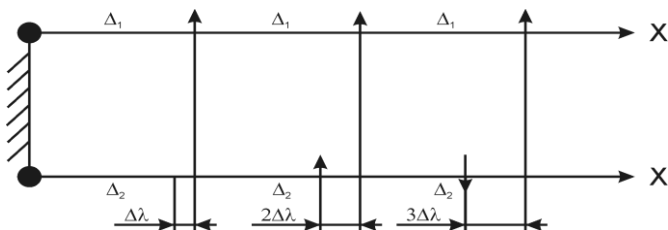


Рис.2

Если энергия фотонов строго одинакова, то одинакова и частота появления эстафетных меток фотонов в реальном мире – см. [1], [2]. В та-

ком случае все двухфазные осцилляторы в щелях решетки окажутся строго когерентными, независимо от мощности источника И. В действительности, фотоны, возникающие при разрядке атомов в источнике имеют различные энергии, вследствие конечного времени жизни  $\tau$  атома в возбужденном состоянии и соотношения неопределенностей  $\Delta E \approx \hbar / \tau$ .

Пусть два атома в источнике излучают фотоны с энергиями  $E_1$  и  $E_2$ , которым соответствуют эстафетные шаги (длины волн):  $\Delta_1 = \lambda_1 = \hbar c / E_1$  и  $\Delta_2 = \lambda_2 = \hbar c / E_2$ . Эстафетные метки вдоль оси показаны на рис.2

С каждым шагом расстояние между метками фотонов первого и второго атома увеличивается на  $\Delta \lambda = \Delta_2 - \Delta_1$ , и растёт разность фаз на оси X. Пусть фотоны появились на N-ой отметке. Тогда путь, пройденный эстафетными волнами

$$L = N \cdot \lambda \quad (1)$$

а “накопленная” разность хода

$$\Delta x = N \cdot \Delta \lambda \quad (2)$$

Положим  $\Delta x = \lambda/2$ , тогда L, по определению [3], есть длина когерентности. Решая (1) и (2), имеем

$$L_{\text{ког}} = \frac{\lambda^2}{2 \cdot \Delta \lambda}, \quad (3)$$

Что совпадает с результатом, полученным в волновой оптике [3].

Раскроем физический смысл амплитуды эстафетной волны.

Первые амплитудные метки фотонов должны появиться на сфере радиусом  $\Delta$  (см. [1]). Именно эту сферу следует считать источником эстафетных волн. Проведём сферу радиусом  $r > \Delta$  с центром в источнике И. Из определения вектора Умова:

$$N_0 \hbar \nu = 4\pi \cdot r^2 \cdot K A^2 \cdot C \quad (4)$$

где  $N_0$  - число фотонов, порождаемых за единицу времени;

A – амплитуда волны;

C – скорость света;

K – некоторая постоянная.

В левой части (4) стоят величины, характеризующие корпускулярные свойства, в правой части – волновые. Из (4) получим:

$$A = \sqrt{\frac{N_0 \hbar \nu}{K \cdot 4\pi \cdot C}} \cdot \frac{1}{n \cdot \Delta} \quad (5)$$

где  $n = 1, 2, 3, \dots$

Резюмируя, можно сказать, что амплитуда эстафетных волн зависит от мощности источника, но нигде не обращается в бесконечность.

1. Актуальні проблеми фізики. Тези доповідей 8 регіональної наукової студентської конференції. Харків 2008. с.45-48, 54-56.
2. Ушаков В.В. Парадигмы Планка в аспекте дискретно – эстафетного движения элементарных частиц. Доклады XX1 международных чтений. Великие преобразователи естествознания: Макс Планк. Минск, 2006, с. 223-226.
3. Савельев И.В Курс общей физики, Т.3 – М.: Наука, 1979, с. 354.

**КАПЛЯ ВОДЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
ДИНАМИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ**  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*  
*Ст.: Е. Колесниченко, К. Цвельх*  
*Рук.: доц. Н.Л. Дьяконенко, м.н.с. Д.А. Гаман*

Студентами, будущая специальность которых - защита интеллектуальной собственности, предпринята попытка подачи патента. Использовались знания по общей физике, полученные при выполнении лабораторной работы «Определение динамической вязкости жидкости методом Стокса».

В лабораторной работе используется трансформаторное масло и металлические шарики. Определяемое экспериментально время падения шарика составляет 3 – 20 секунд в зависимости от его размера. Если исследовать жидкости с меньшей вязкостью, то время падения шарика будет уменьшаться, погрешность возрастать. Для увеличения времени падения можно использовать шарики с меньшей плотностью. В работе предлагается заменить металлические шарики капельками воды (рис.1). Плотность воды ( $10^3 \text{ кг/м}^3$ ) в семь раз меньше, чем у металла. Объем капельки можно определить, посчитав количество капель, выдавленных из шприца заданного объема (например, 2мл).



Рис.1. Капля воды

Погрешность уменьшится не только за счет длительности падения, но и за счет того, что не нужно измерять диаметр шарика микрометром.

Предложенный способ позволяет повысить точность метода Стокса и расширить возможности его применения для жидкостей с небольшой вязкостью.

стью.

В работе формулируются цель изобретения, сущность изобретения, формула изобретения согласно требованиям, предъявляемым при оформлении патента.

Показана возможность практического применения знаний студентов 1 курса по общей физике для определения вязкости жидкостей (для которых обычный метод Стокса не применим), а также для работы с патентами.

# НАНОМЕТРОВЫЙ РЕЛЬЕФ ПОВЕРХНОСТИ

*Национальный технический университет*

*«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Е.Ю. Коваленко*

*Рук.: доц. Н.Л. Дьяконенко, доц. Ю.Г. Окладной*

За последние 10 лет сканирующая зондовая микроскопия (СЗМ) превратилась из экзотической методики в инструмент, который широко применяется в нанотехнологиях. Данные о рельефе поверхности в нанометровом диапазоне можно получить с помощью одного из методов СЗМ – атомно-силовой микроскопии (АСМ).

Атомно-силовой микроскоп был изобретён в 1986 году Гердом Биннигом и Кристофом Гербером в США.

В основе работы АСМ лежит силовое взаимодействие между зондом и поверхностью, для регистрации которого используются специальные датчики, представляющие собой упругую консоль с острым зондом на конце. Сила Ван-дер-Ваальса, действующая на зонд со стороны поверхности, приводит к изгибу консоли. Регистрируя величину изгиба, можно контролировать силу взаимодействия зонда с поверхностью.

Для регистрации малых изгибов упругой консоли зондового датчика используются оптические методы. Излучение лазера фокусируется на консоли зондового датчика, а отраженный пучок попадает в центр фотоприемника. Токи с различных секций фотоприемника характеризуют величину и направление изгиба консоли зондового датчика АСМ.

Процесс сканирования поверхности в зондовом микроскопе имеет сходство с движением электронного луча по экрану в электроннолучевой трубке телевизора. Зонд движется вдоль линии (строки) сначала в прямом, а потом в обратном направлении (строчная развертка), затем переходит на следующую строку (кадровая развертка).

Регистрация информации о рельефе хранится в виде двумерного массива целых чисел  $a_{ij}$  (матрицы). Физический смысл данных чисел определяется той величиной, которая оцифровывалась в процессе сканирования. Каждому значению пары индексов  $ij$  соответствует определенная точка поверхности в пределах поля сканирования. Координаты точек поверхности вычисляются с помощью простого умножения соответствующего индекса на величину расстояния между точками, в которых производилась запись информации.

Визуализация СЗМ кадров производится средствами компьютерной графики в виде трехмерных (3D) и двумерных яркостных (2D) изображений. При 3D визуализации изображение поверхности  $Z=f(x,y)$ , соот-

ветствующей СЗМ данным, строится в аксонометрической перспективе с помощью пикселей или линий. В дополнение к этому используются различные способы подсвечивания пикселей, соответствующих различной высоте рельефа поверхности. Наиболее эффективным способом раскраски 3D изображений является моделирование условий подсветки поверхности точечным источником, расположенным в некоторой точке пространства над поверхностью. При этом удается подчеркнуть мелкомасштабные неровности рельефа.

Стандартное программное обеспечение зондовых микроскопов включает в себя достаточно широкий набор средств по визуализации и обработке данных. Кроме того, изображения, полученные на сканирующем зондовом микроскопе, могут быть сохранены в одном из графических форматов, что позволяет использовать дополнительные возможности, предоставляемые современными пакетами компьютерных программ по обработке и коррекции изображений.

В данной работе исследована поверхность образца полупроводника (рис.1).

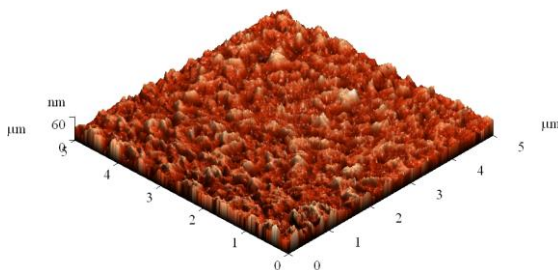


Рис.1. 3D-изображение поверхности образца

Анализ проводился по 65536 точкам. Обнаружено, что максимальная высота рельефа  $Z=62,7888\text{nm}$ , шероховатость поверхности по выбранным пяти максимальным высотам и впадинам  $S_z=30,566\text{nm}$ , среднее арифметическое отклонение профиля от средней плоскости, проведенной методом наименьших квадратов  $R_a=5,86072\text{nm}$ , среднеквадратичное отклонение профиля поверхности относительно базовой линии  $R_q=7,33078\text{nm}$ . Параметр асимметрии, описывающий разброс относительно средней линии, составил  $R_{sk}=0,0090387$  (для симметричного распределения асимметрия равна нулю). Таким образом, проведенные исследования позволили получить математически обработанные данные о рельефе поверхности в нанометровом диапазоне. Использование этого метода необходимо в высокотехнологических производствах для контроля и модификации поверхности.



# МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВРАЩЕНИЯ ТЕЛА В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. : К.О. Койро, Д.В. Фомин*

*Рук. доц. В.И.Белозерцева, ст.пр. И.А.Корж*

Одной из самых распространенных задач по механике, решаемых в механике, является задача о вращении ведра с водой в вертикальной плоскости так, чтобы вода в верхней точке траектории не выливалась (рис.1). Из уравнения динамики находится минимальная скорость тела в верхней точке:

$$v_{\min} = \sqrt{gl}, \quad (1)$$

где  $l$  – длина нити, а из закона сохранения энергии – скорость в любой точке траектории, в зависимости от угла  $\alpha$  между подвесом и вертикалью:

$$v(\alpha) = \sqrt{gl(3 + 2\cos\alpha)}. \quad (2)$$

Однако попытка установить зависимость угла  $\alpha$  и скорости  $v$  от времени приводит к составлению дифференциального уравнения, которое не имеет решения в элементарных функциях.

Для численного решения этой задачи в данной работе была составлена

программа, позволяющая пошагово рассчитывать значения угла отклонения, линейной и угловой скорости через любые заданные промежутки времени по схеме:

$$\Delta\alpha_i = v_i(\alpha_i) \cdot \Delta t / l, \quad \alpha_{i+1} = \alpha_i + \Delta\alpha_i, \text{ и т.д.}$$

На основании численного расчета проанализирована зависимость периода вращения исследуемой системы от длины нити.

Используя средства компьютерной анимации, можно продемонстрировать, как происходит это движение во времени (рис.2)

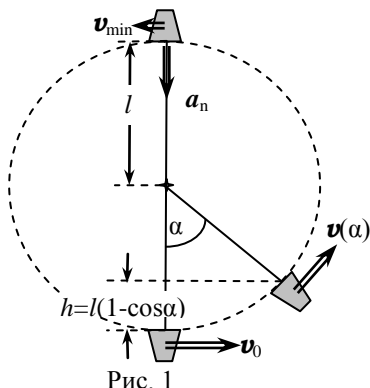


Рис. 1

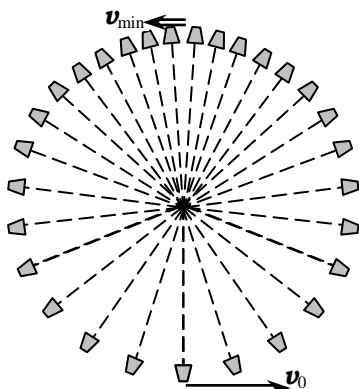


Рис. 2

# ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛ СФЕРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ В ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: Д. Проценко, И. Слепцов, А. Щербина*

*Рук. доц. И.В. Синельник*

Классическим экспериментальным методом определения коэффициента динамической вязкости жидкости является метод Стокса. Он основан на закономерностях падения шарика в вязкой среде. Вычисление коэффициента динамической вязкости осуществляется по результатам измерения времени равномерного движения шариков различного радиуса в касторовом масле. Расстояние, которое проходят шарики, остается неизменным. Плотность касторового масла определяется экспериментально с помощью ареометра. Точность результата измерения зависит от правильного выбора параметров эксперимента – радиуса шарика и области равномерного движения. Выбор оптимальных параметров можно осуществить на основании результатов моделирования процесса падения шарика в вязкой среде. В настоящей работе выполнено такое моделирование и проведено сравнение результатов с реальным экспериментом.

В основе экспериментальной методики лежат представления и закономерности движения твердого тела сферической формы в вязкой среде. Шарик бросают с некоторой высоты  $h$  вертикально, с нулевой начальной скоростью. Пренебрегая сопротивлением воздуха, и считая шарик материальной точкой, рассматривают его движение до попадания в жидкость как равноускоренное. Тогда на границе воздух-жидкость шарик имеет конечную скорость. В результате взаимодействия шарика с поверхностью касторового масла и постепенного погружения в вязкую жидкость его скорость уменьшается и становится равной  $v_0$ .

После погружения в жидкость шарик продолжает движение под действием силы тяжести, направленной вниз, силы Архимеда и силы Стокса, направленных вверх. По второму закону Ньютона уравнение движения имеет вид:

$$ma = mg - \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_{\text{ж}} g - 6\pi \eta r v$$

где

$\eta$  – коэффициент динамической вязкости жидкости,  
 $g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ,  
 $r$  – радиус шарика,

$\rho_{\text{ш}}$  – плотность материала, из которого сделан шарик (как правило, сталь)

$\rho_{\text{ж}}$  – плотность жидкости, в которой движется шарик (в данной работе касторовое масло),

$m$  – масса шарика,

$a$  – ускорение.

Решение уравнения проводилось аналитически и численно – методом Эйлера. В результате получено выражение для скорости равномерного движения шарика в вязкой среде

$$v_p = \frac{2}{9} g r^2 \frac{\rho_{\text{ш}} - \rho_{\text{ж}}}{\eta},$$

зависимости скорости и пройденного пути от времени

$$v = v_p - (v_p - v_0) e^{-\beta t} \quad \text{и}$$

$$S = v_p t + \frac{v_p - v_0}{\beta} (1 - e^{-\beta t}),$$

и установлено, что если начальная скорость движения шарика в жидкости  $v_0 < v_p$ , то ускорение  $a$  оказывается положительным ( $a > 0$ ), и следовательно, движение будет ускоренным, пока скорость не достигнет значения  $v = v_p$ . Если начальная скорость движения шарика  $v_0 > v_p$ , то ускорение  $a$  оказывается отрицательным ( $a < 0$ ), и следовательно, движение – замедленным, пока скорость не достигнет значения  $v = v_p$ .

Для сравнения расчетов с реальным экспериментом осуществлялся анализ результатов видеосъемки движения шарика в вязкой среде. Видеоролик был разбит на единичные кадры. Анализ графического изображения, представленного на отдельном кадре позволяет ввести отсчет текущего положения шарика (его верхнего или нижнего края), относительно реперной точки, например, поверхности жидкости в условных единицах (пикселях) в последовательные моменты времени. Момент времени отсчитывается от момента попадания шарика в вязкую жидкость. При необходимости масштабная сетка может быть отградуирована, и перемещение шарика измеряется в стандартных единицах измерения длины – м, см, мм. Однако для выяснения характера движения такой необходимости нет. Результаты, полученные при анализе графических изображений, обрабатывались в табличном процессоре (MS Excel).

Сравнение расчетных значений с результатами эксперимента показало, что рассмотренная модель хорошо описывает реальный физический процесс, и что в условия проведенного эксперимента достаточно быстро устанавливается режим равномерного движения.

# **ИНЖЕНЕРНАЯ СЕКЦИЯ** **ИНЖЕНЕРНЫЙ АСПЕКТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
Ст.: С.В. Макаренко, Д.В. Тыжненко, А.О. Геза  
Рук.: ст. преп. Т.В. Свитенко-Краснокутская,  
доц. Н.Б. Фатьянова*

Необходимость систематизации и обобщения систем единиц измерения физических величин определяется практическим их использованием в технике, промышленности и торговле. Потребности античного мира удовлетворялись считанными единицами - угла, длины, веса, времени, площади, объема, скорости.

Международная система единиц измерений помимо семи основных содержит две дополнительные и около 200 производных единиц. В 1832 году немецкий физик К.Гаусс в работе «Напряжение земной магнитной силы, приведенное к абсолютной мере» показал, что при помощи трех независимых друг от друга единиц – сантиметра, грамм-массы и секунды (MLT) можно установить единицы измерений всех физических величин. Система получила название СГС и используется в настоящее время. Однако среди ученых продолжается дискуссия о наиболее рациональном выборе числа и вида основных единиц.

В 1873 году в трактате «Электричество и магнетизм» Дж. Максвелл выдвинул предположение, что для построения всей системы единиц измерений достаточно всего двух величин – длины и времени. С 1941 года данную идею пропагандировал и отстаивал английский ученый Б.Браун. В 1965 году была опубликована первая работа в этой области известного советского авиаконструктора Р.ди Бартини. Совместно с ученым – химиком П. Кузнецовым он создал кинематическую (LT или "длина-время", метр-секунда) систему размерностей. Система физических величин в LT - размерности, представлена в таблице 1 (краткий вариант).

В этой системе масса имеет размерность в виде отношения куба пространственной протяженности к квадрату времени, вследствие чего произошли изменения размерностей и всех других физических величин, ранее определявшихся с участием массы.

Возможность представления массы размерностью  $L^3T^{-2}$  следует из закона всемирного тяготения И. Ньютона, приняв постоянную тяготения

безразмерной величиной и равной единице.

Таблица 1.

	$L^{-1}$	$L^0$	$L^1$	$L^2$	$L^3$	$L^4$
$T^{-4}$			удельный вес	давление, напряжение	поверхностное натяжение жесткость	сила
$T^{-3}$			массовая скорость	вязкость	массовый расход	импульс
$T^{-2}$		угловое ускорение	линейное ускорение	потенциал гравитационного поля	масса	
$T^{-1}$		угловая скорость	линейная скорость	скорость изменения площади		
$T^0$	кривизна	безразмерная вел.	длина	площадь	объем	момент инерции

То, что масса физически проявляет себя отношением  $L^3T^{-2}$ , вытекает и из третьего закона Кеплера. От массы можно перейти к размерности импульса переместившись в клетку по диагонали вверх и вправо ( $L^4T^{-3}$ ). Клетка вверх по вертикали ( $L^4T^{-4}$ ) дает изменение импульса по времени, т. е. силу, в клетку  $L^3T^{-4}$  ложится размерность коэффициента упругости, входящего в закон Гука и т.д.. Такой вид таблицы позволил Р.ди Бартини и П.Кузнецову сделать предположение, что она является таблицей законов природы.

XX век распространил сферу применения физических величин для определения надежных критериев оценки работы промышленных предприятий и транспорта, в которых действуют законы сохранения. Первый из них - закон сохранения мобильности (скорости переноса мощности  $L^6T^{-6}$ ) сформулировали Р.ди Бартини и П. Кузнецов в 1973г. Этот закон позволяет учитывать не только мощность техники, но и затраты на ее транспортировку. Как альтернативу тонно – километрам, для оценки эффективности работы транспорта, Р.ди Бартини и П. Кузнецов предложили использовать новую величину – тран (скорость переноса момента импульса  $L^6T^{-4}$ ), учитывающий массу груза, длину пути и квадрат скорости. Таким образом, в настоящее время продолжается разработка новых технических понятий на основе теории размерностей.

# ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕОРИЯ МЕТАЛЛОВ

*Харьковский национальный аграрный университет  
им. В.В.Докучаева*

*Ст. А. В. Бараник  
Рук. доц. С.С. Авотин*

Хорошая проводимость электрического тока привела к мысли, что в металлах есть свободные электроны. Подобно молекулам газа они находятся в непрерывном движении. Электронный газ в металлах подчиняется законам квантовой механики, однако, из всех необычных (квантовых) свойств электронного газа для нас важно одно: средняя скорость хаотического движения электронов слабо зависит от температуры. Между электрическим током и разностью потенциалов  $U$  существует простая пропорциональность (закон Ома):

$$I = U/R. \quad (1)$$

Сопротивление  $R$  пропорционально длине  $L$  и обратно пропорционально площади поперечного сечения проводника:

$$R = \rho \cdot L/S \quad (2)$$

Удельное сопротивление  $\rho$  зависит только от материала проводника и температуры. Удельная электропроводность

$$\sigma = 1/\rho. \quad (3)$$

Через плотность тока и напряженность эл. поля закон Ома запишется в дифференциальной форме

$$j = \sigma \cdot E. \quad (4)$$

Плотность тока можно выразить через концентрацию электронов средней скоростью:

$$j = e \cdot n \cdot v. \quad (5)$$

Из приведенных формул следует, что скорость среднего электрона пропорциональна силе:

$$v = j/n \cdot e = \sigma \cdot E/n \cdot e = \sigma \cdot F/n \cdot e \quad (6)$$

Из формулы (6) видно, что «средний» электрон движется в металле с трением. В механике Аристотеля главная характеристика тел – подвижность – скорость тела под действием единичной силы. Подвижность среднего электрона  $u = \sigma/n \cdot e$  не зависит от приложенной силы. Подвижность характеризует сопротивление среды движению электронов. Она значительно изменяется при изменении температуры и чистоты металла. Таким образом, под действием электрического поля электроны медленно перемещаются по проводнику. Это не противоречит тому, что средняя скорость хаотического движения очень велика.

# ТЕРМОГРАФИЯ КАК МЕТОД МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

*Харьковский национальный аграрный университет*

*им. В.В. Докучаева*

*Ст. А.С. Оныщенко*

*Рук. доц. С.С. Авотин*

Термография – метод функциональной диагностики, основанный на регистрации инфракрасного излучения тела. В клетках и тканях человеческого организма вследствие биохимических процессов вырабатывается большое количество тепла (до 100 ккал/грамм), которое перераспределяется циркулирующей лимфой и кровью, обладающими высокой теплопроводностью. Теплая венозная кровь, мало охлаждаясь в легких, поддерживает оптимальную температуру тканей. Самую низкую температуру (23-30°C) имеют конечности, кончик носа, ушные раковины, самую высокую – подмышечные области, области шеи, губ, щек. Остальные участки имеют температуру 31-33,5°C. Суточные колебания температуры кожи в среднем 0,3-0,1°C зависят от физической и психической нагрузок и других факторов. Основным критерием тепловизионной диагностики температурная асимметрия тела. Причины:

1. Нарушение кровообращения в связи с травмой, тромбозом.
2. Венозный застой при недостаточности клапанов вен.
3. Воспалительные процессы, опухоли.
4. Изменения теплопроводности тканей в связи с отеком.

Существует два основных вида термографии:

1. Контактная холестерическая термография.
2. Телетермография.

Контактная холестерическая термография основывается на оптических свойствах холестерических жидких кристаллов, которые проявляются изменением окраски в радужные цвета при нанесении их на термоизлучающие поверхности.

Существуют визуальный и количественный способы оценки тепловизионной картины. Визуальный способ позволяет определить расположение, размеры, форму и структуру очагов повышенного излучения, однако точное измерение температуры невозможно. В перспективе возможно совершенствование аппаратуры для сверхчувствительного приема электромагнитных колебаний миллиметрового, сантиметрового и дециметрового диапазонов.

1. Госсорг Ж.. Инфракрасная термография, 1988 г.
- Воробьев Тепловидение в медицине, 1985 г, 63 с.

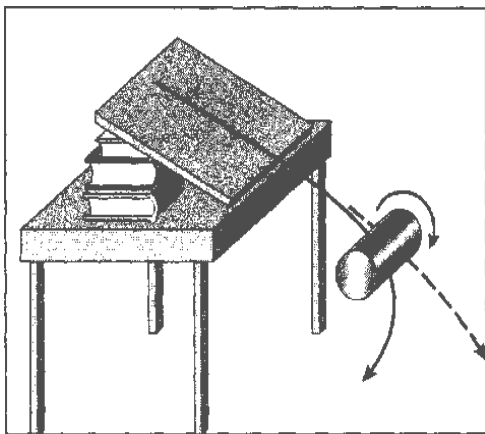
## ЭФФЕКТ МАГНУСА

*Национальный технический университет  
"Харьковский политехнический институт"*

*Ст.: К. Крыжний, Е. Храмов*

*Рук.: доц. Е.Н. Подъячая, ст. пр.Т.В. Абрамова*

Прделаем простой опыт. Склеим из плотной бумаги небольшой цилиндр. Недалеко от края стола поставим стопку книг и соединим её с краем стола дощечкой. Когда бумажный цилиндр скатится с получившейся горки, мы вправе ожидать, что он станет двигаться по параболе прочь от стола. Однако вместо этого цилиндр круто изогнёт траекторию в другую сторону и залетит под стол (рис. 1).



**Рис. 1**

Его поведение можно объяснить, если вспомнить закон Бернулли: *внутреннее давление в потоке газа или жидкости становится тем меньше, чем выше скорость потока.*

Когда цилиндр падает, продолжая вращаться, скорость его правой стороны вычитается из скорости набегающего потока воздуха, а скорость левой – складывается с ней. Относительная скорость потока воздуха слева от цилиндра больше, а давление в нём ниже, чем справа. Разность давлений и заставляет цилиндр круто изме-

нять траекторию и залетать под стол. Какая же сила определяет движение цилиндрика в нашем опыте?

Прежде всего, обратим внимание на то, что движение цилиндрика в опыте может служить моделью такого природного явления, как тайфун. Это значит, что исследование характера движения цилиндрика имеет важное прикладное значение.

Гигантскую массу тайфуна можно рассматривать как цилиндр, вращающийся в воздушном потоке пассата (*пассаты – устойчивые воздушные течения, дующие постоянно больше десяти месяцев в году в тропических широтах*). Основное направление пассатов – с востока на запад. В Южном полушарии тайфуны вращаются по часовой стрелке, а в



Северном – против. Поэтому, за счёт взаимодействия с мощным потоком пассатного ветра, тайфуны и в Северном, и в Южном полушарии отклоняются в сторону от экватора – на север и на юг соответственно. Этот характер их движения хорошо подтверждают наблюдения метеорологов.

Практически во всех проводившихся ранее исследованиях, посвященных вопросам образования и перемещения тайфунов, первопричиной их возникновения считалась сила Кориолиса.

Силой Кориолиса называется инерциальная сила, действующая на тело, движущееся во вращающейся системе отсчёта, например, на поверхности Земли. Эта сила определяется векторным произведением:

$$F_K = 2m[\vec{V}\vec{\omega}], \quad (1)$$

где  $m$  — масса тела;  $\vec{V}$  — вектор скорости тела;  $\vec{\omega}$  — вектор угловой скорости вращения земного шара. В скалярном виде:

$$F_K = 2mV\omega \cos \alpha \sin \theta, \quad (2)$$

где  $\alpha$  — угол между вектором скорости и меридианом,  $\theta$  — географическая широта тайфуна.

Скорость тела, двигающегося на поверхности земного шара, можно разложить на две составляющие. Одна из них лежит в плоскости, касательной к шару в точке нахождения тела, иными словами — горизонтальная составляющая скорости; вторая, вертикальная составляющая перпендикулярна этой плоскости. Сила Кориолиса, действующая на тело, пропорциональна синусу географической широты его местонахождения. На тело, движущееся по меридиану в любом направлении в Северном полушарии, действует сила Кориолиса, направленная вправо по движению (именно эта сила заставляет подмывать правые берега рек Северного полушария, вне зависимости от того, на север или на юг они текут). В Южном полушарии эта же сила направлена влево по движению и реки, текущие в меридиональном направлении, подмывают левые берега.

Однако покажем, что сила Кориолиса не может участвовать в создании и перемещении тайфунов по поверхности Земли. Если бы сила Кориолиса участвовала в создании тайфунов, то в Северном полушарии они (исходя из вышесказанного) имели бы правое вращение – по часовой стрелке, а в Южном – левое. Но многолетние наблюдения показывают, что тайфуны Северного и Южного полушарий вращаются в прямо противоположных (вытекающим из силы Кориолиса) направлениях.

Кроме того, как уже говорилось, величина силы Кориолиса пропорциональна синусу географической широты и, значит, максимальна на полюсах и отсутствует на экваторе. Следовательно, если бы она вносила вклад в создание вихрей, то наиболее часто они появлялись бы в полярных широтах, что полностью противоречит имеющимся данным.

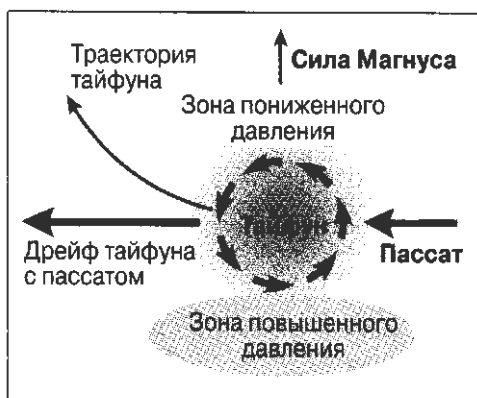
Таким образом, приведённый анализ убедительно доказывает, что сила Кориолиса не имеет никакого отношения к процессу формирования тайфунов.

Для выяснения истинной причины возникновения тайфунов, рассмотрим другую более реальную силу, действующую в природе – *силу*

*Магнуса.* Это сила взаимодействия тайфуна, как единого объекта (цилиндра), с воздушным потоком (пассатом), который перемещает этот тайфун. Эффект возникновения поперечной силы, действующей на тело, вращающееся в набегающем на него потоке газа, был открыт немецким учёным Г.Магнусом в 1852 году. Он проявляется в том, что если вращающийся круговой цилиндр обтекает безвихревой поток, перпендикулярный его оси, то в той части цилиндра, где линейная скорость его поверхности противоположна скорости набегающего потока, возникает область повышенного давления. А на противоположной стороне, там, где направление линейной скорости поверхности совпадает со скоростью набегающего потока, – область пониженного давления. Разность давлений на противоположных сторонах цилиндра и приводит к возникновению силы Магнуса (*рис.2*). Численное значение силы Магнуса можно рассчитать по формуле:

$$F_M = \pi R^2 H \rho \omega V_n, \quad (3)$$

где  $R$  – радиус тайфуна,  $H$  – его высота,  $\rho$  – плотность воздуха пассата,  $\omega$  – угловая скорость вращения тайфуна,  $V_n$  – скорость воздуха в пассате. Причем,  $M_T = \pi R^2 H \rho$  – масса тайфуна.



**Рис. 2**

Сравнение численных значений силы Магнуса и силы Кориолиса показывает, что первая примерно в 200 раз превышает вторую. Поэтому сила Кориолиса не имеет отношения не только к созданию, но и к перемещению тайфуна.

Итак, на тайфуны в атмосфере Земли действует две силы: сила Магнуса и сила аэродинамического давления пассата  $F_a$  (*рис.2*). Движение тайфуна определяется результирующей силой, являющейся суммой приложенных сил, причем

результирующая сила направлена под углом  $\beta$  ( $\text{tg } \beta = F_M/F_a$ ) к направлению действия пассата по касательной к траектории тайфуна.

Поэтому, если известны направление и скорость пассатного ветра (которые легко измерить), то можно с достаточной точностью рассчитать результирующую силу для каждого конкретного тайфуна, определив, таким образом, его дальнейшую траекторию. Это в свою очередь позволит свести к минимуму ущерб, нанесенный тайфуном.

П.Н.Манташьян. "Вихри – от молекулы до галактики".

# АЛЛОТРОПИЯ УГЛЕРОДА

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Н.В. Савченко*

*Рук. ст.н.сопр. З.И. Колупаева*

Аллотропия - способность одного и того же химического элемента образовывать несколько разных типов простых веществ (аллотропных форм или модификаций). Это явление может быть обусловлено либо различием состава молекул простого вещества данного элемента (аллотропия состава), либо способом размещения молекул или атомов в кристаллах (аллотропия формы). Наиболее ярким представителем таких элементов является углерод.

Атомы углерода могут существовать в трех основных состояниях, соответствующих  $sp$ -,  $sp^2$ - и  $sp^3$ -гибридизации их валентных электронов. Каждое валентное состояние характеризует определенную аллотропную форму:  $sp$ -гибридизация - карбин,  $sp^2$ -графит,  $sp^3$ -алмаз.

Карбин - одномерная (линейная) форма углерода. Карбин полупроводник n-типа. Твердость карбина промежуточная между графитом и алмазом, его можно легировать. Обладает ферромагнетизмом, проявляются фотоэлектрические свойства. При нагреве переходит в графит. Карбин используется в электронике, космонавтике, авиации, медицине, оптике, стоматологии.

Графит характеризуется слоистой кристаллической структурой, образованной параллельными плоскостями. Слои построены из правильных гексагонов с углом  $120^\circ$  между связями. Внутри слоя действуют ковалентные связи, а связь между слоями обеспечиваются только за счет ван-дер-ваальсова взаимодействия. Графит обладает высокой теплопроводностью и очень устойчив к перепадам температуры. Цвет серый, блеск металлический. Неплавков, устойчив при нагревании в отсутствие воздуха. Применяется для изготовления электродов, нагревательных элементов, твердых смазочных материалов, плавильных тиглей, наполнитель пластмасс, замедлитель нейтронов в ядерных реакциях.

Структуру алмаза можно представить как две ГЦК подрешетки вставленные одна в другую и смещенные относительно друг друга вдоль диагонали куба на четверть ее длины.

Главные физико-механические свойства алмаза - высочайшая твердость и теплопроводность среди всех твердых тел. Алмаз является диэлектриком. Температура плавления  $3600^0 - 4000^0$  С.

Алмаз широко используется в промышленности (для изготовления резцов, ножей, сверл, дисковых пил и др.). Алмазный порошок служит для обдирки, шлифовки, полировки сталей и сплавов, а также для шлифовки и органки ювелирных алмазов и других твердых драгоценных камней, а также применяется в ювелирном деле.

Любая из трех основных аллотропных форм имеет политипы.

Помимо рассмотренных уже трех “чистых” аллотропных модификаций, существует множество так называемых переходных форм, которые можно разделить на две большие группы - смешанные и промежуточные формы.

Смешанные формы характеризуются вкладом всех трех типов гибридизации в различных комбинациях. К таковым относятся аморфный, алмазоподобный и стеклообразный углерод, а также сажа, кокс и подобные им материалы.

Промежуточные формы со степенью гибридизации  $sp^n$  ( $2 < n < 3$ ) объединяют фуллерены, алмазо-графитные гибриды и углеродные нанотрубки. Фуллерены - замкнутые углеродные структуры, в которых все атомы находятся на сферической или сфероидальной поверхности и обозначаются  $C_n$ , где  $n$ - количество атомов углерода в молекуле. Молекула  $C_{60}$  (гибридизация  $sp^{2.28}$ ) характеризуется наиболее высокой симметрией и стабильностью. Фуллерены в конденсированном состоянии называют фуллеритами, они представляют собой молекулярные кристаллы с ГЦК структурой. Молекулы фуллерена в кристалле связаны ван-дер-ваальсовыми силами. Фуллерены могут быть использованы в аккумуляторах, электрических батареях, в качестве добавок для получения искусственных алмазов, используется в фармации.

Углеродные нанотрубки - протяженные цилиндрические структуры диаметром от одного до нескольких десятков нанометров и длиной до нескольких сантиметров состоят из одной или нескольких свернутых в трубку гексагональных графитовых плоскостей и заканчиваются обычно полусферической головкой. В зависимости от конкретной схемы сворачивания графитовой плоскости, нанотрубки могут быть и проводниками и полупроводниками. Повышение интереса, в последние годы, к углеродным материалам вызвано открытием фуллеренов и нанотрубок. Наиболее перспективными направлениями их использования является наноэлектроника и композитные материалы. Именно благодаря фуллеренам и нанотрубкам об углероде заговорили как о материале будущего.

# ПРОБЛЕМА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА УКРАИНЕ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. О.И. Теплинская*

*Рук. ст. пр. В.С. Савина, доц. В.К. Якуша*

Добыча человеком ископаемого топлива не может возрастать до бесконечности. К сожалению, его запасы в недрах Земли не безграничны. К тому же в последнее время развитые страны стремятся уменьшить использование ископаемых источников энергии по таким основным причинам: это опасность добывания и использования такой энергии, негативное влияние на здоровье человека и отрицательное влияние на климат всей планеты. Безопасность энергии становится одним из приоритетов при ее использовании. Газовый баланс Украины составлял 76-78 миллиардов кубометров в год, однако 2008 год закончила с показателем 62 миллиардов кубометров. В который раз рассматривается использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии и альтернативных видов топлива. Несмотря на значительный потенциал альтернативных видов топлива в Украине, их удельная часть в структуре топливно-энергетического баланса нашей страны в десятки раз ниже аналогичных показателей европейских государств. Доля альтернативных источников энергии в топливно-энергетических балансах стран Европейского союза такая: 24% в Австрии, 24% в Швеции, в Португалии 17%, в Германии 12%, в Дании 10%. Страны ЕС поставили целью до 2020 года довести часть альтернативных и возобновляемых источников энергии в энергетических балансах своих государств до 20%. В Украине на сегодняшний день часть альтернативных источников энергии в топливно-энергетическом балансе составляет лишь 0,83%. **НО НА НЕКОТОРЫХ** предприятиях успешно реализуются программы по энергосбережению и обновительным направлениям энергетики. Так, в Запорожской области, которая в 2007 году получила наибольшую экономию топлива (1,4 млн. т у. т.), на нескольких металлургических предприятиях внедрены современные утилизаторы тепла, позволяющие использовать потенциал доменных, коксовых и ферросплавных газов. В Донецкой области на шахте им. Засядько – по утилизации шахтного метана на когенерационной установке, в Волынской области на Локачинском газовом месторождении – по использованию на ТЭЦ продуктов очистки добытого природного газа. В Харьковской области на Волчанском маслоэкстракционном заводе от-

казались от использования природного газа, заменив его продуктами сжигания подсолнечной лузги в котельной. Значительного уменьшения потребления природного газа можно достичь путем производства и активного привлечения в топливные ресурсы биогаза и газа свалок отходов, шахтного метана, доменного и мартеновского газа, сопутствующего газа нефтедобычи, некондиционного природного газа, газа малодебетных скважин, растворенного газа геотермальных вод. С учетом реальной калорийности и количества указанных газов объемы замещены, могут составлять 1,5 – 2 млрд. м<sup>3</sup> природного газа в год. Использование местных альтернативных газу видов топлива – бурого угля, дров, отходов деревообработки, соломы, твердых бытовых отходов, торфа – тоже даст положительный результат. Имеющиеся в Украине годовые объемы биомассы (23 млн. т у. т.) теоретически позволяют высвободить до 12,3 млрд. м<sup>3</sup> газа в год. Общая же экономия природного газа может составить более 20 млрд. м<sup>3</sup> в год. В нашей стране пока отсутствуют мощные предприятия по производству биотоплива. Эксперты утверждают, что для производства этого топлива пригодны – свекла и кукуруза. Из альтернативных видов топлива в Украине сегодня используют биогаз и топливо на основе технического спирта (биобензин – аналог бензина А-80) и рапсового масла (биодизель). Кроме биологического сырья, в Украине действуют единичные установки по переработке в углеводородное топливо отработанных покрышек и полимерного вторсырья. Использование биогаза, образующегося в процессе разложения мусора, тоже перспективное направление. Гидроэнергетика – технологически наиболее освоенное производство электроэнергии, имеющее гарантированный возобновляемый ресурс. Такие ее способности, как уникальные маневровые возможности, минимальное влияние на окружающую среду, низкая себестоимость производства электроэнергии, дают прекрасные перспективы для ее функционального участия в работе энергосистемы. Использование геотермальной энергии является привлекательным и для энергетического комплекса Украины. Прогнозные ресурсы подземных термальных вод на территории Крыма составляют более 27 млн. м<sup>3</sup> в сутки, что позволяет говорить о возможности обеспечения потребностей определенной части региона в энергоресурсах за счет этих источников (месторождения – Медведевское и Янтарное).

Кроме того, по итогам минувшего года благодаря выполнению мероприятий региональных и отраслевых программ энергоэффективности в регионах Украины сэкономлено 4 499,3 тыс. т у. т. Стоимость сэкономленных энергоресурсов в 2007 году составила около 3,1 млрд. грн., что на 600 млн. грн больше, чем за 2006-й. Шведские компании готовы реализовать в Украине проекты по энергосбережению и строительству предприятий по переработке бытового му-

сора – «Желто-голубой проект». Посол Швеции в Украине заявил, что правительство Швеции утвердило стратегию поддержки Украины по двум направлениям – энергоэффективность и защита окружающей среды. В рамках этой Стратегии Швеция в течение четырех лет ежегодно будет предоставлять Украине 20 млн. евро с целью поддержки усилий частных инвесторов. Сбережение электроэнергии скоро станет, если уже не стало, для всех ключевой темой. И не только на уровне государственных программ, а и на самом обычном бытовом уровне. Последние десятилетия у граждан развитых капиталистических стран растет сознательное желание максимально сберечь окружающую среду для потомков. Например: электричество – из капель дождя. Французские специалисты построили опытную установку, в которой капли воды, падают с высоты на тонкую пластину из полимера. Энергия, которую несет одна капля дождя, колеблется от 2 мкДж до 1 мДж в зависимости от диаметра капли. Получилось, 1м<sup>2</sup> земли может выдать «от дождей» 1 Ватт-час электричества в год. Это очень мало, но их можно использовать в электронных устройствах, установленных в градириях. По статистике, основное количество затрат электроэнергии приходится на освещение. Так как отказаться от использования бытовых приборов нам будет сложно, для экономии электроэнергии и, как следствие, семейного бюджета придется уменьшить стоимость освещения.

Первый шаг к этому замена привычных нам ламп накаливания на люминесцентные энергосберегающие лампы. Еще одним альтернативным источником энергии может быть солнце. Для обеспечения человечества на несколько веков энергией хватит и сотой доли этой энергии, которая доходит от Солнца до Земли за один год. Солнечная энергия- это наименьшее количество загрязнения для планеты и наиболее неистощимый из всех известных источников энергии. Человечество только начинает выявлять и использовать ее потенциал. Энергия солнца – будущее человечества, самый сильный источник энергии для нашей планеты. В некотором смысле вся энергия, которую мы используем, существует на Земле благодаря Солнцу. Это и нефть, и природный газ, и уголь. Создание системы, которая обеспечивает надежный и эффективный, а главное рентабельный перевод солнечной энергии в электрическую, было и есть весьма трудной задачей. Энергия солнца может использоваться для множества задач.

# СВОБОДНЫЕ ОСИ ВРАЩЕНИЯ

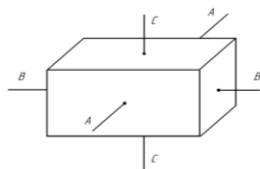
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

**Ст.: А.В. Калиниченко, Г.О. Олейник, В.В. Полищук**

**Рук.: ст. пр. И.В. Галушак, ст. пр. С.С. Кривonos**

Свободными осями тела называются такие оси, вокруг которых свободное твердое тело может вращаться с постоянной угловой скоростью  $\omega$  в отсутствие всяких внешних воздействий. Свободное вращение тела практически осуществляется только вокруг осей, относительно которых момент инерции максимален или минимален. Для промежуточных значений момента инерции вращение неустойчиво.

Выполнение опытов



## 1) Бросание коробка.

Если подбросить брусок, вызвав его вращение, то вращение относительно осей АА и ВВ будет устойчивым; относительно оси СС — неустойчиво.

## 2) Вращение тел различной формы на центробежной машине

К крючку на втулке центробежной машины на шнуре можно подвесить различные тела: плоский диск, цилиндрический стержень, кольцо, цепочку из отдельных звеньев.

При вращении все тела будут стремиться вращаться вокруг оси с наибольшим моментом инерции. Поэтому все эти тела при вращении займут горизонтальное положение.

Свойства свободных осей широко применяются в технике. Во всех машинах с быстро вращающимися частями, чтобы избежать дополнительных нагрузок на подшипники, этим частям придают форму возможно более близкую к телам вращения, и ось вращения возможно точнее совмещенной с геометрической осью тела.

## Литература:

1. «Лекционные демонстрации по физике» Под редакцией В. И. Ивероновой
2. «Физические основы механики» С. Э. Хайкин
3. «Лекционные демонстрации по физике. Общая механика» Под редакцией А. Б. Млодзеевского.



## **СВОЙСТВА ПЕСКА КАК СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: Д.П. Абдуллаев, Р.С. Салихов*

*Рук.: доц. И.И. Меньшова, ст.пр. И.А. Корж*

Широко применяющиеся в технологии гранулированные (сыпучие) материалы имеют некоторые свойства как твердых тел, так и жидкостей и газов, а в некоторых условиях ведут себя совершенно особым образом.

Давление сыпучего вещества (в отличие от жидкости) сначала растёт, потом достигает максимума и далее остаётся неизменным. Силы, действующие между частицами песка, переносят избыточное давление на стенки резервуара. Вес столба сыпучего вещества переносится от частицы к частице вдоль сильно разветвлённых цепочек причудливым образом. В результате на стенки сосуда приходится гораздо большая часть веса, чем на основание, а в некоторых точках давление оказывается существенно выше, чем в других. Давление конусообразной кучи песка на поверхность основания максимально не в центре, под пиком, а ближе к краям. Предполагается, что песчаная куча – это "лабиринт из арок", простирающихся в разных направлениях, они переносят вес кучи к её краям, не давая расти давлению в центре. Распределение сил сильно зависит от малейшего прогиба поверхности, на которой покоится песок. Величина напряжений, вызванных грузом на толстом слое песка, уменьшается с глубиной по экспоненциальному закону, области наибольших напряжений имеют ветвистую структуру.

Огромно различие свойств сухого и влажного песка. Влажные песчинки легко слипаются, т.к. действуют силы поверхностного натяжения воды, окружающих каждую песчинку тонкой плёнкой.

При заполнении пространства между песчинками водой силы поверхностного натяжения пропадают. Смесь песка и воды обладает совершенно другими свойствами: зыбучий песок, пески-плывуны.

Если сосуд с песком мелко трясти, то движение всего песка начинает походить на движение жидкости. При этом были обнаружены локализованные колебания – осциллоны, которые, взаимодействуя друг с другом, образуют своего рода связанные состояния.

В толще гранулированного материала происходит конвекция. Характер конвективного движения сильно зависит от формы сосуда.

В смеси разнородных гранулированных материалов происходит саморазделение на фракции (сегрегация) при наличии температурного градиента в системе. Все эти процессы очень важны в промышленности.

## ЛАЗЕРЫ В МЕДИЦИНЕ

*Харьковский национальный аграрный университет*

*им. В.В. Докучаева*

*Ст.: Д.А. Бойченко, Е.А. Омельченко*

*Рук. доц. С.С. Авотин*

Лазер - это прибор, испускающий свет в узком спектральном диапазоне в виде когерентного, монохроматического поляризованного пучка электромагнитных волн. В медицине лазеры применяются уже более 30 лет. Уникальные свойства лазерного луча открыли широкие возможности его применения в хирургии, терапии и диагностике. Воздействие низкоинтенсивных (до  $100 \text{ мВт/см}^2$ ) лазеров приводит к быстрому стиханию острых воспалительных явлений, стимулирует восстановительные процессы, улучшает микроциркуляцию крови, нормализует общий иммунитет, повышает устойчивость организма. Важной характеристикой лазерного излучения является его спектральная характеристика (длина волны). Фотобиологической активностью обладает свет в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной областях спектра.

В зависимости от характера взаимодействия лазера с биологическими тканями различают три вида фотобиологических эффектов:

1) Фотодеструктивное воздействие, при котором тепловой, гидродинамический, фотохимический эффекты излучения вызывают деструкцию тканей. Этот вид лазерного взаимодействия используют в лазерной хирургии.

2) Фотофизическое и фотохимическое воздействие, при котором поглощенный биотканями свет вызывает фотохимические и фотофизические реакции. На этом основано терапевтическое применение лазерного излучения.

3) Невозмущающее воздействие, когда биосубстанция не меняет своих свойств. Этот вид воздействия используют для диагностики (например - лазерная спектроскопия).

Исследования показали, что лазерная радиация избирательно поглощается содержащимися в клетках пигментными веществами и различными молекулярными образованиями. Например, вода поглощает видимую и инфракрасную части спектра. Это меняет у мембран структурную организацию водного слоя. Следует отметить, что в зависимости от дозы можно получить как стимулирующий, так и угнетающий эффекты.

# ТЕПЛОВІ НАСОСИ: ТЕХНІЧНА ІДЕЯ ТА ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»*

*Ст. М.С. Нікітчук*

*Кер. доц. Ю.Г. Окладной*

Тепловий насос – холодильна машина, яка використовується для опалення приміщень за рахунок теплової енергії навколишнього середовища.

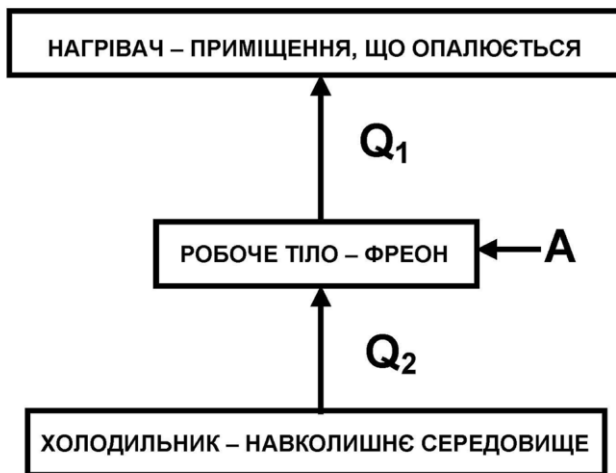


Рис. 1. Роль холодильника теплового насоса відіграє навколишнє середовище, а нагрівача – приміщення, що опалюється.

Таке технічне рішення було уперше запропоновано відомим англійським фізиком лордом Кельвіном 1852 року та реалізовано чотири роки по тому. Практичне застосування теплонасоси отримали в 30-х роках минулого сторіччя, в першу чергу в скандинавських країнах, які багаті на дешеву енергію гідроелектростанцій. В багатьох країнах теплові насоси застосовуються давно — і в побуті, і в промисловості. Сьогодні в Японії, наприклад, використовується близько 3 мільйонів установок, в Швеції близько 500 000 будинків обігрівается тепловими насосами різних типів.

Тепловий насос – це нетрадиційна технологія побудови системи опалення та гарячого водопостачання для будівель будь-якого призначення, заснована на використанні в якості джерел низькотемпературного тепла повітря, ґрунту та ґрунтових вод. Технічно це виглядає так: буриться свердловина глибиною навколо 100 метрів, в неї опускається зонд, в якому циркулює спеціальна рідина – розсол. Саме вона відбирає тепло землі і транспортує його наверх, а компресор теплового насосу підвищує отримані  $+7 - +10$  до  $+65^{\circ}\text{C}$ . Коефіцієнт ефективності теплового насосу 1:4–5, що означає: затрачений кіловат електроенергії дає в результаті 4–5 кіловат енергії теплової. Електроенергія потрібна насосу лише для роботи приводів.

Тепловий насос називають «холодильником навпаки», оскільки принцип дії його є аналогічним принципу дії холодильнику. Але холодильник відбирає із навколишнього середовища і акумулює холод, а тепловий насос – тепло. Тепловий насос являє собою ефективну заміну котлу на рідкому, газовому паливі та електричному опаленню. Для добре спроектованого та побудованого будинку площею  $180\text{ м}^2$  необхідно 10–12 кВт теплової енергії, яку можна отримати, опустивши 2 зонди в землю на глибину 100 м, для цього необхідна ділянка землі розміром  $6\times 6\text{ м}$ .

Які переваги теплових насосів перед іншими джерелами теплопостачання? По-перше, економічність. Низьке енергоспоживання досягається за рахунок високого ККД теплового насосу і дозволяє отримати на 1 кВт витраченої електроенергії 3–7 кВт теплової. Система виключно довговічна, строк експлуатації ґрунтового зонда может сягати 100–150 років; опалювального контуру – 100 років. Безпосередньо в самій установці єдиною рухомою частиною є компресор зі строком служби 15 років, який можливо легко замінити. Відпадає необхідність в купівлі, транспортуванні, зберіганні палива. Строк окупності обладнання не перевищує 7–10 опалювальних сезонів.

Неможливо не сказати про екологічність насосу. Він не здійснює шкідливих викидів, хладагент R407C, що циркулює в агрегаті, є нетоксичним, не завдає шкоди озоновому шару.

Тепловий насос є сумісним практично із будь-якою циркуляційною теплогінною системою опалення, незалежно від типу котла. Тому є можливим варіант системи теплопостачання, коли при малому теплоспоживанні працює тільки тепловий насос, а при підвищеному – автоматично включається теплогенератор, дров'яний котел та ін.

Навіть в Росії вже зараз теплові насоси є більш економічними порівняно із котлами на дизельному паливі або електричним опаленням. А в найближчому майбутньому, коли ціни на енергоносії зрівняються з європейськими, вони стануть безперечними лідерами і будуть переважати

навіть газові котли .

Перспективні сектори впровадження теплових насосів: житлово-комунальний, промислові підприємства, курортно-оздоровчі та спортивні комплекси. В ЖКГ теплонасосні установки знаходять найбільше застосування переважно для опалення та гарячого водопостачання (ГВП).

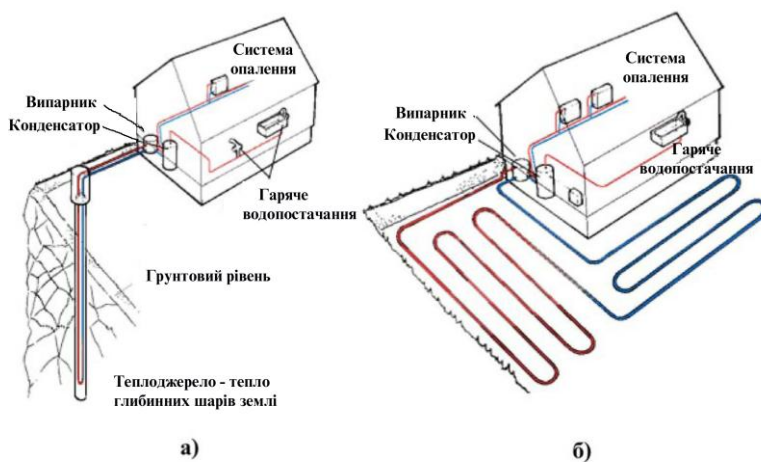


Рис. 2. Схеми автономних систем опалення і гарячого водопостачання на основі теплових насосів із використанням тепла земних надр (а) та ґрунту (б).

Тут можливо виділити два напрямки:

- автономне теплопостачання від теплонасосних установок;
- використання теплонасосних установок в межах існуючих систем централізованого теплопостачання.

Для автономного теплопостачання котеджів, окремих будинків (в том числі шкіл, лікарень та ін.), міських районів, населених пунктів застосовують переважно парокомпресійні теплові насоси тепловою потужністю 10–30 кВт в одиниці обладнання (котеджі, окремі будинки) та до 5 МВт (для районів і населених пунктів).

#### Література

1. Тепловой насос – Википедия.
2. Общие сведения по системе отопления тепловой насос – Управляющая компания «Сити инжиниринг» - <http://sityengineering.ru/Sotp.html>.
3. Тепловые насосы – Научно-производственная фирма «Екотепло». – [www.ekoteplo.com/ru/19.html](http://www.ekoteplo.com/ru/19.html).

# ДИНАМИЧЕСКИЕ И СТАТИСТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В ФИЗИКЕ

*Харьковский национальный аграрный университет*

*им. В. В. Докучаева*

*Ст. А.Ю. Фанаскова*

*Рук. доц. С.С. Авотин*

Объяснение физических явлений с помощью, зародившегося еще в древности, принципа причинности привело в конце 18-начале 19 вв. к абсолютизации классической механики. Возникло философское учение – механический детерминизм, представителем которого был французский ученый Пьер Симон Лаплас (1749-1827 гг.). Суть его можно понять из высказывания Лапласа: «Современные события имеют с событиями предшествующими связь, основанную на принципе, что никакой предмет не может начать быть без причины, которая его произвела.... Мы должны рассматривать современное состояние Вселенной как результат ее предшествующего состояния и причину последующего».

Дальнейшее развитие физики показало, что в природе могут происходить процессы, причину которых трудно определить. Подобные процессы происходят не потому, что мы не можем указать их причину из-за недостатка наших знаний, а объективно случайно. Например: процесс радиоактивного распада происходит случайно. Абсолютно точное описание всего прошедшего и предсказание будущего - задача, лишенная объективной необходимости. Даже в случае классической механики из-за неустранимой неточности измерительных приборов точное предсказание состояния даже простого объекта нереально.

Многие физические явления в механике, электромагнетизме и теории относительности подчиняются, так называемым, динамическим закономерностям. Динамические законы отражают однозначные причинно-следственные связи. Это законы Ньютона, уравнения электромагнитного поля Максвелла, уравнения теории относительности. Однако, при попытке применить однозначные причинно-следственные связи и закономерности к некоторым физическим процессам обнаружилась их недееспособность. Системы, состоящие из большого числа частиц, описываются статистическими законами. Статистические законы используют теорию вероятностей (науку о случайных процессах). К числу таких законов относятся: закон распределения Максвелла молекул идеального газа по скоростям; второй закон термодинамики, определяющий направление тепловых процессов в сторону увеличения вероятности состояния; описание поведения микрочастиц в квантовой механике с помощью волновых функций. Все выше приведенные законы и принципы применяются и в ряде других наук, изучающих природу в целом.

# ПАРНИКОВИЙ ЕФЕКТ

*Національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва*

*Ст. Ю. Олійник*

*Кер. ст. викл. Є.А. Пивовар*

Парниковий ефект – явище в атмосфері Землі, при якому енергія сонячних променів, відбиваючись від поверхні Землі, не може повернутися в космос, оскільки затримується молекулами різних газів.

Тепло надходить до поверхні Землі від Сонця й із власних надр. Сонце випромінює в основному у видимому діапазоні, й енергія сонячних променів поглинається поверхнею Землі. Рівновага підтримується тим, що Земля втрачає тепло завдяки інфрачервоному випромінюванню із поверхні. Інтенсивність інфрачервоного випромінювання зростає із температурою. Таким чином Земля нагрівається доти, доки не встановиться баланс між поглинутою й випроміненою енергією.

В атмосфері є молекули, які поглинають інфрачервоні промені й знову випромінюють їх. Це випромінювання відбувається з однаковою імовірністю вгору і вниз. Тобто завдяки цим газам, частина теплового випромінювання поверхні повертається. У такому випадку для підтримання балансу поверхні планети потрібно нагрітися ще більше, щоб компенсувати повернуте теплове випромінювання. Чим більше в атмосфері "парникових молекул", тим вище піднімається температура.

Більшість молекул у атмосфері Землі не поглинають у інфрачервоній області. Ці молекули ( $O_2$  і  $N_2$ ) не мають дипольних моментів із-за своєї симетрії, тож не взаємодіють із електромагнітним випромінюванням.

Найбільший вклад у парниковий ефект вносять молекули води, які мають дипольний момент і відповідні коливальні й обертальні моди у інфрачервоній області спектру та затримують до 60 % теплового випромінювання Землі. Інші 40 % теплового випромінювання Землі затримують інші парникові гази, у тому числі більше 20 % — вуглекислий газ. Молекули  $CO_2$  не мають власного дипольного моменту, але в них можуть збуджуватися нормальні коливання із дипольним моментом, тож вуглекислий газ належить до парникових. Інші парникові гази озон і метан, яких у атмосфері ще менше ніж вуглекислого газу, мають велику здатність до поглинання інфрачервоного випромінювання.

Розглядається техногенний вплив на атмосферу Землі, вміст речовин, які збільшують парниковий ефект.

# **ИЗУЧЕНИЕ КРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВЕЩЕСТВ КИЕВСКОЙ ШКОЛОЙ ФИЗИКОВ М.П. АВЕНАРИУСА**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

***Ст.: М.С. Светайло, К.И. Кутепов, В.М. Сикора***

***Рук.: ст. преп. Т.В. Свитенко-Краснокутская,  
доц. Н.Б. Фатьянова***

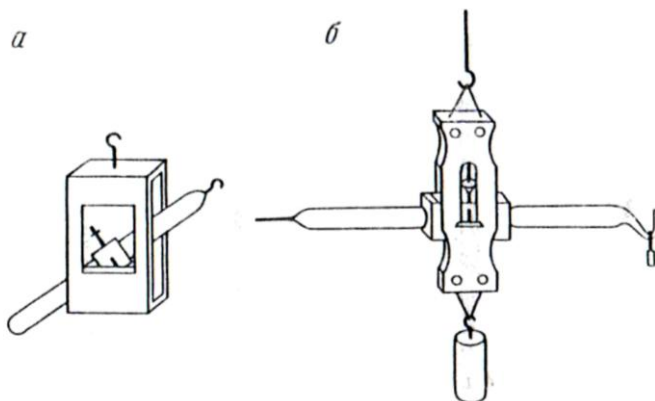
В связи с работами по развитию паровой машины, одной из главных проблем физиков 70-х – 80-х годов XIX столетия было изучение критических состояний жидкостей и паров. Над этой проблемой работали многие ученые за границей и в России – А.Г.Столетов, П.А.Зилов, Б.Б.Голицын и другие. Особое место в решении вопросов критического состояния занимает одна из первых в России киевская школа экспериментальной физики М.П.Авенариуса. Основным в ее тематике было изучение свойств жидкостей во всех областях их существования и изучение свойств паров до критической температуры.

Классическое определение критической температуры было введено в науку в 1860г. Д.И.Менделеевым. Согласно ему, для любой жидкости существует предельная температура, выше которой она остается паром или газом, как бы ни было высоко давление. В 1781г. Ватт определил скрытую теплоту парообразования и упругости паров воды до температуры  $+133^{\circ}\text{C}$ . Разнообразные газы и пары были исследованы с 1847г. Реньо для определения основных законов и численных данных, входящих в расчеты паровых машин. Это послужило возникновению учения о непрерывности газового и жидкого состояний – критические состояния являются одинаковыми или соответственными состояниями всех веществ. В марте 1885г., сотрудник лаборатории М.П.Авенариуса, украинский ученый, А.И.Надеждин впервые в науке выполнил прямое определение критической температуры воды оптическим методом. Этот метод вошел в науку как «метод Надеждина».

Прибор Надеждина, дифференциальный денсиметр, состоял из трубки, вставленной в оправу, снабжённую трёхгранной осью, на которой она могла качаться подобно коромыслу весов. Трубка вначале уравнивалась так, чтобы она сохраняла горизонтальное положение. Затем часть трубки наполнялась жидкостью, а остальная часть — насыщенным паром.



При этом трубка устанавливалась наклонно. Критическая температура определялась как температура, при которой исчезает разница в плотностях жидкости и пара, что обнаруживалось по возвращению трубки в горизонтальное положение. Важным достоинством метода Надеждина является его применимость к тем случаям, когда вещество сильно окрашено (как бром и йод), когда трудно видеть мениск, или когда это вещество разрушающе действует на стекло. Также А.И.Надеждин исследовал зависимость от температуры упругости насыщенных паров нескольких органических жидкостей и определил критические температуры нескольких смесей. При этом он установил, что критическая температура и температура смесей различного состава изменяются на одну и ту же величину: насколько повышается температура кипения, настолько же повышается и критическая температура. Также А.И.Надеждин определил критические объемы 17 жидкостей.



Дифференциальный денсиметр А.И. Надеждина  
*а* — первоначальный (1884), *б* — окончательный вариант (1885)

Необходимо отметить, что критические величины, измеренные в киевской лаборатории, по своеобразной, самобытной методике, сочетающей простоту средств с точностью результатов, сохранили свое значение и в настоящее время.

## БЕРИЛЛИЙ – УНИКАЛЬНЫЙ МЕТАЛЛ

*Харьковский национальный аграрный университет*

*им. В.В. Докучаева*

*Ст. И.А. Шкварченко*

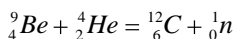
*Рук.: доц. С.С. Авотин*

С древних времен в Индии были известны месторождения бериллов (силикаты бериллия и алюминия,  $3\text{BeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ ) и наиболее ценные из них – изумруды. Название минерала и металла происходит от города Белур в Южной Индии. Известно 54 минерала, содержащих бериллий. Такие разновидности минерала: зеленовато-голубой аквамарин (содержит около 2% железа); густо-зеленый, ярко-зеленый изумруд (хром); золотисто-желтый гелиодор (железо); розовый воробьевит (марганец) и ряд других разновидностей берилла считаются драгоценными камнями.

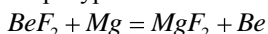
Как химический элемент бериллий был открыт в 1798 году. Французский минералог Рене Жюст Гаюи, отметив сходство твердости, плотности и внешнего вида зеленовато-голубых кристаллов берилла из Лиможа и зеленых кристаллов изумруда из Перу, предложил французскому химику Никола Луи Воклену (1763-1829) проанализировать берилл и изумруд, чтобы узнать не являются ли они химически идентичными. В результате Воклен показал, что оба минерала содержат новую «землю», которая очень напоминала оксид алюминия,

В виде простого вещества элемент, открытый Вокленом, в 1828г. впервые получили немецкий химик Фридрих Вёлер и независимо от него французский химик Антуан Бюсси, восстанавливая хлорид бериллия калием. Через 70 лет после открытия Д.И. Менделеев пришел к выводу, что бериллий- двухвалентный элемент с относительной атомной массой 9 размещается между литием и бором. Бериллий- очень твердый и хрупкий серебристо-серый металл. Имеет две кристаллические модификации:  $\alpha$ -Ве имеет гексагональную плотноупакованную решетку;  $\beta$ -Ве (при  $>1277^\circ\text{C}$ ) имеет кубическую объемно-центрированную решетку. Плавится бериллий при  $1287^\circ\text{C}$ . Это один из самых легких металлов (плотность  $1,816 \text{ г/см}^3$ ). У него высокий модуль упругости, в 3 раза больший, чем у стали. Бериллий обладает наибольшей среди всех металлов теплоемкостью,  $1,80 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{K)}$ , высокой теплопроводностью  $178 \text{ Вт/(м} \cdot \text{K)}$ , низким электросопротивлением. Сочетание малой атомной массы ( $9,0122$ ), малого сечения захвата тепловых нейтронов ( $0,009$  барн на атом) и стойкости в условиях радиации делает металл одним из лучших материалов

для изготовления замедлителей и отражателей нейтронов в атомных реакторах. Из бериллия изготавливают окна рентгеновских трубок, используя высокую проникаемость для рентгеновских лучей. Смесь соединений радия и бериллия используется как источник нейтронов, образующихся по реакции:



В 1932г. именно так английским физиком Джеймсом Чедвиком был открыт нейтрон. В компактном виде он не реагирует с водой и водяным паром даже при температуре красного каления и не окисляется воздухом до 700 °С. Металлический бериллий получают восстановлением фторида бериллия магнием при температуре 900-1200:



Металл высокой чистоты получают перегонкой (дистилляцией) в вакууме, а в небольших количествах – бестигельной зонной плавкой. Из-за трудностей получения качественных отливок бериллий измельчают в порошок и подвергают горячему прессованию в вакууме при 1140-1180 °С. Благодаря высокой удельной прочности и жёсткости в конце 50-х начале 60-х годов бериллий стали применять в авиационной, ракетной и космической технике и гиросприборостроении.

В производстве тормозов для аэрокосмической техники, тепловых экранов и систем наведения с бериллием не может конкурировать практически ни один конструкционный материал. Из бериллия изготовлено зеркало космического телескопа «Хаббл».

Конструкционные материалы на основе бериллия обладают одновременно и легкостью, и одновременно и легкостью, и прочностью, и стойкостью к высоким температурам. Будучи в 1.5 раза легче алюминия, эти сплавы в то же время прочнее многих специальных сталей. Однако, высокая хрупкость бериллия при комнатной температуре – главное препятствие к его широкому использованию как конструкционного материала. Бериллий входит в состав сплавов на основе Al, Mg, Cu, и других цветных металлов. Бериллий и некоторые его соединения рассматриваются как перспективное твердое ракетное топливо с наиболее высокими удельными импульсами. Следует отметить, что высокая токсичность бериллиевой пыли, оксида бериллия и его летучих соединений требует специальных мер защиты.

#### Литература

1. Дарвин Д., Баддери Д. Бериллий. Пер. с англ. под ред. М.Б. Рейфмана. – М.: Ил, 1962, 324 с.
2. Папиров И.И. Бериллий – конструкционный материал. – М.: Машиностроение, 1977, 157с.

# МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ

*Национальный аграрный университет им. В.В. Докучаева*

*Ст. Е. Злобина*

*Рук. ст. пр. Е.А. Пивовар*

Рассматривая строение Земли, можно пояснить существование магнитного поля. По данным геофизических исследований Земля обладает ядром (близким по плотности с железом или железо-никелевым сплавом), которое находится на глубине около 2900 км и обнаруживает некоторые свойства жидкости. Магнитные полюсы не совпадают с географическими и весьма быстро перемещаются. Предполагается, что в ядре происходят конвективные движения. Перемещение проводящего вещества в магнитном поле индуцирует электродвижущую силу, которая вызывает электрические токи, порождающие дополнительное магнитное поле.

Таким образом, магнитное поле Земли можно представить в виде магнитного поля диполя - постоянного полосового магнита, находящегося в центре. Конфигурация этого поля медленно изменяется, вероятно, в результате движения расплавленного материала во внешнем ядре Земли на глубинах более 2900 км. Главное магнитное поле обусловлено источниками, расположенными в глубинах Земли.

На медленные вариации магнитного поля накладываются быстрые, но слабые изменения, вызванные электрическими токами в ионосфере. Перемещения воздушных масс в ионосфере в присутствии постоянного магнитного поля Земли, приводят к возникновению электрических токов, которые, в свою очередь, создают дополнительное изменяющееся магнитное поле.

Кроме этих регулярных магнитных вариаций, наблюдаются также возмущения, обусловленные происходящими время от времени солнечными вспышками, что увеличивает ионизацию и вызывает дополнительные электрические токи в ионосфере.

Магнитное поле Земли также подвергается изменениям, связанным с вековыми (медленно меняющимися) вариациями. Изучению подвергается магнитное поле "сохраненное" в минералах и горных породах находившихся в прошлом в расплавленном состоянии.

Обсуждается вопрос возникновения, регистрации, предсказания и влияния магнитных бурь.

Рассматривается существование земных (теллурических) токов в приповерхностном слое, возникновение которых можно определять по разности потенциалов между точками на поверхности Земли.

# ВПЛИВ МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА БІОЛОГІЧНІ ОБ'ЄКТИ

*Національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва*

*Ст. В. Штанько*

*Кер. ст. викл. Є.А. Пивовар*

Магнітне поле Землі – складова частина „електромагнітного поля”, що є окремим видом матерії, яке безпосередньо взаємодіє з іншими видами матерії і тому становить інтерес з точки зору впливу на біологічні об'єкти. У процесі еволюції тваринний світ і людина пристосовувалися до впливу ЕМП певного діапазону. Якщо напруженість постійного магнітного поля (ПМП) перевищує фонову напруженість геомагнітного поля Землі, то відбувається прискорення перебігу окремих фізіологічних і біохімічних процесів.

Основними фізико-хімічними механізмами є зміна траєкторії заряду, що рухається в МП, зміщення або обертання анізотропних частинок, що мають різну магнітну сприйнятливість, хімічна поляризація електронів і ядер, що змінює кінетику хімічних реакцій.

Вплив ПМП на функціональний стан і здоров'я людини вивчений ще недостатньою мірою. Найчастіше від впливу ПМП у людини порушується функція нервової і серцево-судинної систем. Було виявлено, що під впливом ПМП великої напруженості змінюється хімічний склад сироватки крові, а в разі тривалої дії ПМП відбуваються фазові зміни морфологічної картини крові та кісткового мозку. Відомий вплив ПМП на функціональне співвідношення процесів збудження та гальмування у структурах мозку – посилюються процеси збудження в корі великих півкуль, мозочку, гіпоталамусі. Внаслідок впливу ПМП підвищується вміст адреналіну та деяких гормонів в крові, що, у свою чергу, призводить до порушень функції серцево-судинної системи.

Встановлено, що порогові межі ПМП, які викликають біологічні ефекти, становлять частки або одиниці ампер на метр. При цьому найбільший вплив на біосистему призводять неоднорідні поля, а також поля переривчастої дії. При цьому поля навіть дуже високої напруженості не знищують біосистему.

Проведені дослідження вказують на реакцію біологічних об'єктів не тільки на потужні МП, але і на зміну напруженості невеликих полів до яких вони пристосовані.

Магнітні поля Землі дозволяють орієнтуватись у просторі птахам, впливають на розвиток рослин та тварин. Окремо потребує вивчення вплив штучних ЕМП, та відсутність дії природних.

# ПОЛИМЕРНЫЕ ЖИДКОСТИ: МОДЕЛИ И ТЕОРИИ

*Национальный аграрный университет  
им. В.В. Докучаева*

*Ст. Н. Харитоненко*

*Рук.: ст. пр. В.В. Онищенко, ст. пр. Н.О. Онищенко*

Динамика жидкостей как наука имеет давнюю историю. Еще Исаак Ньютон сформулировал простое соотношение между касательным напряжением и поперечным градиентом скорости, определив вязкость жидкости как коэффициент пропорциональности между ними.

Это соотношение Ньютона хорошо описывает движение жидкостей с молекулярным весом не более чем примерно 1000. Однако соотношение Ньютона не может описать течение полимерных жидкостей. Такие жидкости состоят из огромных молекул (типичный молекулярный вес  $10^5 - 10^8$ ), каждая из которых представляет собой цепь из большого числа повторяющихся звеньев.

В данной работе анализируются ситуации, эксперименты, показывающие, что течение полимерной жидкости качественно отличается от течения ньютоновской жидкости. Рассмотрены механические модели, в которых молекула состоит из свободных друг относительно друга шариков и пружинок. Эти модели с той или иной степенью точности воспроизводят основные механические свойства цепи, а именно ее большую длину, ориентационную упорядоченность, способность растягиваться и наличие многих степеней свободы.

В случае концентрированных растворов и расплавов особое внимание уделяется сеточной теории. В этой теории используется модель с проскальзывающими связями, в которой допускается относительное скольжение цепей, состоящих из шариков и пружинок, в местах их соприкосновения, т.е. эффект "престыкания".

Эта теория называется теорией рептаций, особенно эффективна при исследовании биологических макромолекул.

## ПОЧЕМУ У КОШКИ ГЛАЗА СВЕЯТЬСЯ

*Национальный аграрный университет им. В.В. Докучаева*

*Ст. Л. Шведова*

*Рук. ст. пр. Е.А. Пивовар*

С незапамятных времен кошка живет рядом с человеком. И всегда она была окружена ореолом таинственности. Не последнюю роль в этом сыграли необыкновенные светящиеся в темноте глаза. Рассмотрим это явление с точки зрения физики.

Для этого представим глаз кошки в виде системы – собирающей линзы – хрусталика и экрана в фокальной плоскости, роль которого выполняет сетчатка (рис.1, а). Рассмотрим принцип работы такой системы.

Если взять светящуюся точку, равномерно испускающую свет во все стороны (рис.1, б), то при удалении от нее наблюдаемая яркость источника будет уменьшаться. Это связано с тем, что с расстоянием увеличивается площадь сферы, окружающей источник и соответственно на единицу площади глаза наблюдателя приходится меньшая освещенность.

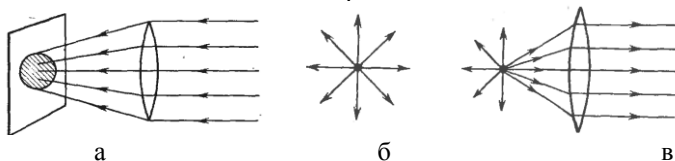


Рис.1.

Если же на пути распространения света от источника до наблюдателя поставить собирающую линзу (рис. 1, в), то лучи прошедшие сквозь нее далее пойдут параллельно и, соответственно, яркость источника для наблюдателя практически не будет зависеть от расстояния (затухание будет лишь за счет прохождения в атмосфере). Причем, чем ближе к источнику будет линза, тем большую часть лучей она направит в сторону наблюдателя и тем ярче будет виден источник.

В ситуации, когда наблюдатель выступает одновременно и источником света, лучи, приходящие в глаза кошки фокусируются на сетчатке (рис.1, а). Светлое пятно на сетчатке при этом само является источником света – часть световой энергии будет поглощаться, а часть будет рассеиваться во все стороны. Часть рассеянного света будет распространяться обратно через линзу – хрусталик в сторону наблюдателя, что соответствует ранее рассмотренному случаю.

Таким образом наблюдатель, со стороны которого находится источник света увидит светящиеся глаза кошки, которые будут переизлучать часть света.

# ТЕОРИЯ РЕПТАЦИЙ И ГЕЛЬ-ЭЛЕКТРОФОРЕЗ ДНК

*Национальный аграрный университет им. В.В. Докучаева*

*Ст. Н. Харитonenko*

*Рук.: ст. пр. В.В. Онищенко,*

*ст. пр. Н.О. Онищенко*

Развитие генной инженерии поставило вопрос о высокоточных методах анализа ДНК – в частности об отделении друг от друга цепочек ДНК, слегка отличающихся по длине, степени скрученности и т.д. Плодотворным для этой цели оказался метод гель-электрофореза.

Суть метода в следующем. На границу полимерной сетки (геля) наносят смесь цепей ДНК, которые нужно разделить. В воде каждое звено ДНК диссоциирует и несет отрицательный заряд, поэтому, приложив электрическое поле надлежащего направления, можно заставить цепи ДНК двигаться сквозь гель. Если от длины, заузленности цепочки и пр. зависит скорость этого движения, то за время опыта разные цепи уйдут на разное расстояние и окажутся разделенными.

В данной работе рассматривается вопрос о разделении линейных цепей по длинам. Интересует зависимость скорости электрофоретического движения  $V$  от длины цепи ДНК  $N$ .

В случае сильного электрического поля происходит вытягивание макромолекул ДНК вдоль поля. При этом действующая на них сила будет пропорциональна  $N$  (потому что заряд пропорционален  $N$ ), но и коэффициент трения при рептации тоже пропорционален  $N$ . Получается, что в сильном электрическом поле скорость движения от  $N$  не зависит.

В случае слабого электрического поля цепочки ДНК не вытягиваются и остаются гауссовыми клубками. Поле за разные части цепи тянет в разные стороны и выигрывает тот конец цепи, который дальше смещен по полю. Оценка скорости движения центра масс цепи дает зависимость  $V \sim 1/N$ .

Скорость электрофоретического движения сильно зависит от  $N$  только при достаточно малых  $N$  – разделять можно лишь относительно короткие цепи.

Критическую длину можно увеличить, если уменьшить поле; но этот путь не слишком эффективен, так как в слабом поле весь процесс будет медленным, что неудобно, да и чревато вмешательством ряда дополнительных факторов.



# НАНОТЕХНОЛОГИИ И ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

*Национальный технический университет  
"Харьковский политехнический институт"*

*Ст. М.Ю. Свечкина.*

*Рук.: доц. Е.Н. Подъячая, асс. Г.Ю. Подъячий*

Самые лучшие судовые, автомобильные и даже авиационные моторы тратят более половины вырабатываемой ими энергии на банальный нагрев атмосферы и преодоление всевозможных потерь. Весьма значительная доля этих затрат приходится на преодоление трения в механизмах двигателя. Известно, что коэффициент полезного действия (КПД) двигателя внутреннего сгорания есть отношение мощности «на выходе», то есть мощности, которую можно реально с двигателя снять и полезным образом использовать, к теоретически возможной его мощности. К сожалению, это отношение очень далеко от единицы. Когда силу трения приходится преодолевать, чтобы, например, сдвинуть с места железнодорожный состав или выдвинуть ящик из стола, полезной её не назовешь. И хотя в большинстве случаев виновата не она одна, инженеры издавна старались по возможности силу трения снизить. Изучению действия силы трения исследователи уделяли много времени, но поняли её природу и законы совсем недавно.

Вероятно, одним из первых инженеров, сформулировавших закон трения, стал Леонардо да Винчи. Именно он ещё в начале XVI века утверждал, что сила трения, возникающая при контакте тела с поверхностью другого тела, пропорциональна силе прижатия (или нагрузке), действует в направлении, противоположном направлению движения, и не зависит от площади контакта. Позже ввели понятие коэффициента трения, который определяет величину силы трения для любой пары находящихся в контакте материалов.

Классическая формула  $F_{тр} = \mu P$ ,

где  $P$  — сила прижатия,  $\mu$  — коэффициент трения, а  $F_{тр}$  — сила трения, Значение коэффициента трения — величина, которую можно найти во множестве справочников для различных пар материалов

Величина этого коэффициента зависит от множества параметров. Причём далеко не всегда для одних и тех же пар материалов коэффициент трения

остаётся постоянным. Коэффициенты трения зависят от чистоты обработки да и просто от состояния поверхности, а кроме того, сила трения в статике (сила трения покоя) существенно отличается от силы трения при движении.

Это можно продемонстрировать на простом опыте. Сдвинем с места при помощи тросика с динамометром массивное тело и запишем показания динамометра. Пока сила, приложенная к концу тросика, не достигнет определённой величины, тело остаётся неподвижным, но стоит эту величину превысить, как тело начнёт двигаться. И самое интересное: сила, необходимая для поддержания движения тела, оказывается заметно меньшей, чем «пороговое» усилие, потребовавшееся для того, чтобы

начать движение. Эту «пороговую» силу принято называть силой статического трения (силой трения покоя). (рис.1)

В процессе медленного равномерного движения сила трения движения не зависит не только от площади контакта, но и от скорости взаимного перемещения тел.



Рис. 1

### Схема опыта по определению коэффициента трения.

. Самый распространённый, а зачастую и наиболее простой способ снижения трения —

использование смазки.

Чтобы разобраться в причинах возникновения силы трения и в причинах её непостоянства, рассмотрим топографию соприкасающихся поверхностей.

Заметим, что поверхности реальных деталей никогда не бывают обработаны идеально, никогда не являются безукоризненно плоскими. По меткому замечанию одного из ученых, «наложение двух твёрдых тел одного

на другое подобно наложению швейцарских Альп на перевёрнутые австрийские Альпы — площадь контакта оказывается очень малой»

Приложение прижимающей силы приводит к тому, что вершины неровностей деформируются, частично разрушаются, площадь контакта увеличивается примерно пропорционально прилагаемой нагрузке. Считается, что момент же начала движения одной поверхности относительно другой дополнительно происходят и упругая деформация, и разрушение части микроскопических «пиков» на сопрягаемых поверхностях. На это тратится некоторая энергия, и именно эта энергия и обуславливает превышение силы трения покоя над силой трения движения. Кроме этого в момент старта приходится преодолевать адгезионные силы, силы химической связи, а в некоторых случаях даже магнитные силы.

И всё же сила трения в наибольшей степени зависит от силы, с которой поверхности прижимаются одна к другой, от свойств материалов и качества их обработки. Картину существенно может изменить любая проникшая в зазор между трущимися поверхностями жидкость (или паста). Неразрывный слой смазки обеспечивает отсутствие непосредственного контакта трущихся поверхностей. В этом случае сила трения покоя (или сила, необходимая для начала движения) практически равна нулю. Однако в реальных механизмах такая ситуация — редкость.

К смазке предъявляется множество требований. Смазка должна иметь возможность попадать в зазор трущейся пары при низкой температуре и не вытекать из него при высокой, защищать детали механизма от коррозии, обладать моющими свойствами, не должна окисляться сама и должна защищать от окисления детали механизма.

Главные свойства современных масел определяются как основой, из которой они приготовлены, так и целым набором специальных присадок. И всё же любое масло рассчитано на некие усреднённые условия использования. Качеств масел может оказаться недостаточно для полноценной защиты и, самое главное, полноценной и экономичной эксплуатации.

В последние годы задачу удалось решить кардинально в связи с развитием нанотехнологий. Новый класс нанотехнологических материалов, которые при добавлении в масло не изменяют его свойства, кардинальным образом уменьшает трение в механизмах и сводит их дальнейший износ к минимуму.

Одним из наиболее низких коэффициентов трения обладает пара графит-графит. Если в этой паре присутствует небольшое количество масла, то

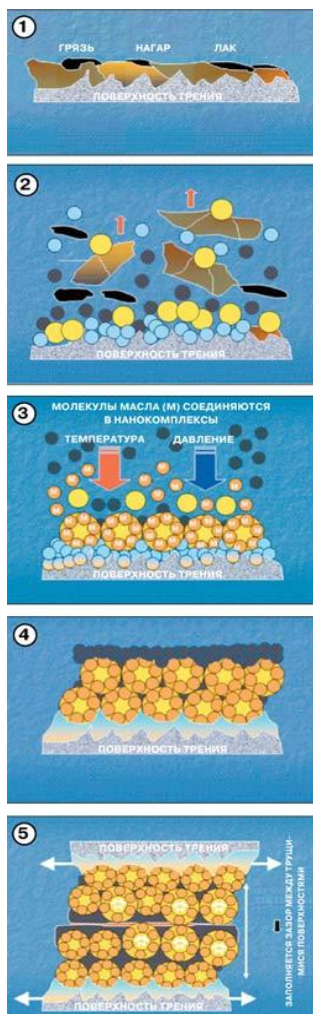


Рис. 2

расхода топлива. А это очень важно, особенно для городских условий эксплуатации.

Снижение потерь на трение приводит и к улучшению мощностных характеристик двигателя. Прирост мощности достигает 5—7%. Не менее важно и то, что с применением подобного рода материалов увеличивается ресурс механизмов.

Литература:

трение снижается еще более существенно. Если же поверхности трущихся деталей обладают некоторой эластичностью, то силу трения вообще можно снизить на два, а иногда и на три порядка.

Попутно решалась задача очистки трущихся поверхностей от оседающих на них нагара и других загрязнений.

В состав препарата входят нанопорошки диоксида кремния, триоксида алюминия и плазменно-расширенного графита. Все компоненты диспергированы в нейтральном масле, совместимом с любыми минеральными или синтетическими маслами. Попадая в двигатель, новый состав первым делом растворяет и отмывает нагар, грязь и лак. (рис.2) Далее нанотехнологический порошок формирует на трущихся поверхностях эластичный антифрикционный слой. Он заполняет неровности металла, сводя трение к минимуму. Основу защитного слоя составляют молекулы масла, связанные в пространственную структуру частицами оксида кремния. Подложкой служат частицы триоксида алюминия, а внешнюю поверхность защищает тончайшая плёнка плазменно-расширенного графита. Активнее всего образование защитного слоя происходит в зонах повышенного давления и температуры, то есть на наиболее нагруженных участках, требующих самой тщательной обработки и надёжной защиты.

Новый препарат прошёл испытания и показал отличные результаты. Снижение потерь на трение в двигателях внутреннего сгорания, особенно на низких оборотах, привело к заметному увеличению крутящего момента при одновременном снижении удельного

Д.Бобров. "О трении, графите и нанотехнологиях".

# ОЧИСТИТЕЛЬНЫЙ РАЗРЯД

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Е.В. Южанинов*

*Рук. ст. пр. В.С. Савина, доц. В.К. Якуша*

Одна из целого ряда глобальных проблем - это нарастающее загрязнение окружающей среды. Ученые Харькова работают над решением этой проблемы. В харьковском научно-исследовательском институте «Молния» разработана уникальная технология по переработке отходов.

Группа сотрудников института обнаружила новое физическое явление – высоковольтный коронный разряд с расширенной зоной ионизации. Они же нашли для него целый ряд практических применений.

В свое время институт создавался для решения широкого круга задач. В их числе — изучение и моделирование мощных электромагнитных импульсов, возникающих при ядерном взрыве. Столь серьезная оборонная задача требовала соответствующих научно-технических возможностей. Сейчас Украина перешла в разряд безъядерных держав, и сохранившиеся у института возможности используются исключительно «в мирных целях».

Суть разработки состоит в том, что сильные электрические и магнитные поля вызывают различного рода разряды, по-разному воздействующие на попадающее в их зону вещество. Устройство, изобретенное в институте, представляет собой два коаксиальных электрода. Один из них (внутренний) — это пакет кольцевых электродов, имеющих по своему внешнему радиусу острые кромки, вблизи которых при подаче напряжения возникает электрическое поле высокой напряженности. Из-за этого и происходит зажигание разряда, который горит во всей кольцевой межэлектродной области, так что вся она является рабочей. Через рабочую область и пропускается очищаемая газовая или капельно-воздушная смесь.

Факторами, действующими на нее, являются как поля высокой напряженности, так и очень сложный комплекс активных частиц образующихся в плазме разряда, а также широкий спектр электромагнитного излучения, генерируемого в плазме разряда. Весь этот набор факторов действует на загрязнения, пропускаемые через зону разряда.

Разработанная технология была успешно применена на предприятии по переработке отходов в Шостке.

Газоочистка – не единственная задача, которая может решаться с помощью разработанных электротехнологий. Среди других отметим беспроводную передачу энергии с помощью электромагнитных импульсов, к примеру, от силовых ветроустановок, расположенных в атмосфере на большой высоте или в других столь же «труднодоступных» местах.

Еще одно направление – обработка пищевых продуктов комплексом высоковольтных импульсных воздействий, вызывающих в числе прочих эффектов мягкую инактивацию микроорганизмов.

При этом происходит нагрев, но не с поверхности продукта, а изнутри. Это отлично гомогенизирует готовый продукт. В институте разработан прибор, который называется аппаратом широкополосной электромагнитной импульсной терапии. Он успешно применяется в импульсной электромагнитной физиотерапии. При этом возможно контактное, бесконтактное, точечное или глобальное воздействие, передаваемое через коронный или искровой разряд.

Как вывод можно сказать, что высоковольтный коронный разряд с расширенной зоной ионизации, в будущем, найдет свое применение практически на всех крупных предприятиях Украины. Так, как на данный момент вопрос экологии стоит очень остро, а эта установка позволяет при небольшой затрате энергии получить высокие и стабильные результаты очистки. Возможно именно эта технология поможет исправить экологическую ситуацию в нашей стране.

Внедрение новых технологий должно сопровождаться разработкой таких методов и процессов, которые сводили бы к минимуму отрицательное влияние на экологическое равновесие.

Связь традиционной классической физики с проблемами современных технологий является эффективным инструментом применения знаний физических законов.

Решение выше указанных экологических проблем будет связано и с будущими выпускниками факультета химических технологий неорганических веществ.

Чистота нашей планеты в руках выпускников высших учебных заведений.

**ІСТОРІЯ ФІЗИКИ**  
**ПОСТАТЬ І НАУКОВИЙ ДОРОБОК**  
**ПРОФЕСОРА О.К. ПОГОРЕЛКО**

*Національний технічний університет  
„Харківський політехнічний інститут”*

*Ст. К.О. Ганюкова*

*Рук. доц. О.Є. Тверитникова*

Ім'я Олександра Костянтиновича Погорелко не відомо широкому колу науковій громадськості. Між тим науково-педагогічна та громадська діяльність професора О.К. Погорелко потребує всебічного аналізу бо мала безпосередній вплив на розвиток міського господарства Харкова та становлення вищої електротехнічної освіти в Україні.

Україна у пореформений період була районом найбільш бурхливого в Російській імперії розвитку промисловості. Протягом другої половини XIX ст. відбувається формування нових потужних промислових районів на Півдні Росії з центрами у Харкові, Києві, Катеринославі, Одесі.

5 серпня 1885 р. за пропозицією міністра народної освіти на посаду завідувача кафедри фізики ХПТИ назначено доцента Харківського університету Олександра Костянтиновича Погорелко. В інституті він викладає фізику з навантаженням три години на тиждень на механічному відділенні. З 1888 р. ініціює введення курсу лекцій з теорії механічної теплоти – дві години на тиждень [2, ф. 770, оп. 1, од. збер. 242, арк. 15].

Передбачаючи те місце, яке електротехніка займе у майбутньому, читаючи курс загальної фізики професор О.К. Погорелко значне місце відводив розділам фізики, пов'язаним з застосуванням електрики. Усвідомлюючи необхідність у розширенні курсу, він запропонував ввести до навчальної програми додатково нові дисципліни, які будуть направлені на підготовку фахівців для електропромислового комплексу.

У 1889 р. учений відправляється у тривале наукове відрядження за кордон де відвідує ряд вищих електротехнічних навчальних закладів та крупні заводи Німеччини, Франції, Бельгії. Його увагу привертає обладнання фізичних та електротехнічних лабораторій, організація проведення лабораторних робіт, напрямки наукових досліджень, методи викладання електротехніки [2, ф. Р-1682, оп. 2, од. збер. 242, арк. 43].

Узагальнення зібраного матеріалу надає можливість вченому приступити до викладання нових дисциплін: з 1890 р. – курс з теорії динамо машин і теорії електрики, з 1892 р. – курс електротехніки на четверто-



му курсі механічного відділення у розмірі дві години на тиждень. Власне з 1892 р за ініціативою О.К. Погорелко електротехніка була введена до навчального плану ХПТІ [2, ф. 770, оп. 2, спр. 1533, арк. 14].

Разом з директором ХПТІ В. Л. Кирпичовим науковець виступає ініціатором створення на території інституту метеорологічної обсерваторії. Результати вимірювань щодня передавались до Санкт-Петербургу і Парижу [2, ф. Р-1682, од. збер., арк. 80].

Аналізуючи наукову спадщину професора О.К. Погорелко слід поділити його праці на такі групи.

Перша група це теоретичні праці вченого по різноманітним проблемам міського самоврядування та господарства міста. Вона включає 9 основних робіт і ряд публікацій в газетах під псевдонімом [3].

Другої група представляє 4 основні наукові праці О.К. Погорелко, присвячені питанням електриці та оптиці і ряд наукових докладів для фізико-хімічної секції товариства дослідних наук при Харківському університеті [4].

До третьої групи можна віднести підручники науковця з теорії електрики, електротехніки, загальної фізики [5].

Науково-педагогічна робота професора О.К. Погорелко була тісно пов'язана з громадською діяльністю. У 1900 р. О.К. Погорелко обрано Харківським головою. На цій посаді він пробув дванадцять років. За цей час за ініціативою професора О.К. Погорелко було зроблено численна кількість проектів з удосконалення міського господарства, такі як:

- відкриття художнього училища, Миколаївської лікарні, очної лікарні, вищих жіночих курсів, початкових училищ;

- в 1879 р. в місті почалось будівництво водопроводу, але тільки завдяки наполегливості О.К. Погорелко перші 12 водорозбірних будок почали працювати в 1904 р. і була спроектована міська каналізація;

- почалось будівництво споруд, які мали важливе значення для міста, тобто нові будинки міського банку, ломбарду, критого ринку тощо;

- в місті з'явилися пам'ятники О.С. Пушкіну та М.В. Гоголю;

- в 1906 р. був пущений перший в місті трамвай.

Перебуваючи головою електричної комісії міста О.К. Погорелко зробив суттєвий внесок у появу електричної освіти на вулицях Харкова. Харківська міська дума за пропозицією науковця приймає рішення будувати міську електричну станцію без залучення іноземних концесіонерів. Автором проекту був київський електротехнік М.А. Артем'єв. Експертизу та технічний висновок проекту проводили професор ХТШ П.П. Копняєв і професор Санкт-Петербурзького електротехнічного інституту П.Д. Войнаровський [4, с. 15].

1. Харьков. Справочная книга. – Х. – 1957. – с. 603.
2. Державний архів Харківської області.

# ОБ ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КАРТИНЫ МИРА В XIX ВЕКЕ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Р.В. Шкалаберда*

*Рук. доц. Л.Г. Петренко*

В начале XIX века структура Ньютоновской механики как науки казалась прочной, надежной и почти полностью завершенной. Все явления природы, уже известные и открывающиеся впервые учёные стремились объяснить с позиций классической механики.

Борьба волновой и корпускулярной концепции света в первой половине XIX века завершается победой волновой - было установлено, что свет является поперечным волновым движением. Решающим вкладом в эту победу явилось объяснение с помощью волновой теории дифракции и интерференции света О.Френелем.



В 1820 г. Х.Эрстедом было открыто магнитное действие электрического тока - вокруг проводки с электрическим током было обнаружено магнитное поле. Таким образом, была доказана связь электричества и магнетизма. А.Ампер, основываясь на единстве электрических и магнитных явлений, раз-



работал первую теорию магнетизма, заложив тем самым основы электродинамики.

Следующим шагом в развитии электродинамики было открытие М.Фарадеем явления электромагнитной индукции - возбуждения переменным магнитным полем электродвижущей силы в проводниках. Для его объяснения он высказал предположение об осуществлении электромагнитных взаимодействий посредством электромагнитного поля.



«Великое объединение» электрических и магнитных явлений осуществил в 1860-1865 Дж.Максвелл в теории электромагнитного поля, сформулированной в виде системы нескольких уравнений, выражающих все их основные закономерности. В этой теории Дж.Максвелл предсказал новый важный эффект - существование в свободном пространстве электромагнитного излучения (электромагнитных волн) и его распространение в

пространстве со скоростью света. Это дало основание считать свет одним из видов электромагнитного излучения и раскрыть связь между оптикой и электричеством - областями, которые ранее представлялись не связанными друг с другом.

Теория электромагнитного поля и, в особенности следующий из неё вывод о существовании электромагнитных волн, при жизни Максвелла оставались чисто теоретическими положениями, не имевшими никакого экспериментального подтверждения, и современниками зачастую воспринимались как «игра ума». В 1887г. немецкий физик Г.Герц осуществил эксперимент, полностью подтвердивший теоретические выводы Максвелла.



Таким образом, к концу XIX века на смену механистической картине мира, построенной к началу века, пришла новая электромагнитная физическая картина мира. Складывалось впечатление, что знание физики близко к своему полному завершению - столь мощную силу демонстрировал фундамент классической физики.

Проникновение физических знаний в промышленность, технику приводит к появлению прикладной физики, а исследования в ее области значительно расширяли фактический материал, требовавший теоретической интерпретации. Конец XIX века демонстрировал наличие теории, удовлетворяющей практическим потребностям. Явления электромагнетизма использовались в осветительных и силовых устройствах. Электромагнитная теория вызвала к жизни радио.

Однако наблюдались некоторые явления, не укладывавшиеся в существующие физические концепции. Например, открытие У.Круксом катодных лучей, названных Д.Стонейем электронами. Ж.Перрен обнаружил у них отрицательный заряд, а Дж.Томсон измерил их скорость. Следующими шагами были



совершенно непредвиденное открытие К.Рентгеном X-лучей (получивших название рентгеновских), открытие радиоактивности А.Беккерелем. На рубеже XIX и XX веков



были сделаны первые шаги в раскрытии структуры атома.

Новые экспериментальные факты не укладывались в существовавшую классическую физическую картину мира.

Таким образом, обозначились истоки революционных преобразований в физических концепциях. Первый этап этих преобразований начался в конце XIX века. Последующие этапы разворачивались уже в XX веке.



[1] Я.Г.Дорфман Всемирная история физики с начала XIX до середины XX вв. М.,1979. С.8.

# ФИАНИТЫ – КРИСТАЛЛЫ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКИ

*Харьковский национальный аграрный университет  
им. В.В. Докучаева*

**Ст. Е.Ф. Дорошенко      Рук. доц. С.С. Авотин**

Красота кристаллов с незапамятных времён привлекала внимание людей. Кристаллы встречаются повсюду. Мы строим из кристаллов, едим кристаллы, лечимся и умываемся кристаллами. Для выращивания кристаллов, применяемых в электронной и лазерной технике, потребовались температуры выше  $2500^{\circ}\text{C}$ , однако емкостей, выдерживающих такие температуры, не существует. В металлургии для получения тугоплавких металлов и сплавов используют гарнисажный способ, когда энергия подводится в центр шихты, пучком электронов или плазменным факелом. При этом контейнер в процессе плавки остаётся холодным. Этот метод не использовался для плавки непроводящих материалов, а ценные кристаллы являются изоляторами.

Учёные Физического института АН СССР (ФИАН) нашли способ как нагреть окислы металлов токами высокой частоты. В середину гарниссажа из окисла, внешне схожего с мелом, ввели кусочки металла. При включении высокочастотного генератора металл нагревается и окисляется, превращаясь в тот же окисел, порошок которого предстоит расплавить. В тигле образуется однородная масса двуокиси циркония (или двуокиси гафния). Нагретые выше  $1000^{\circ}\text{C}$  окислы становятся токопроводящими и температура в контейнере поднимается до  $2800^{\circ}\text{C}$ . После расплавления мощность генератора снижают, а контейнер медленно ( $15\text{ мм в час}$ ) опускают относительно индуктора ВЧ-генератора. Так продолжается до тех пор, пока не образуется слиток. Почему контейнер холодный, хотя температура расплава  $2800^{\circ}\text{C}$ ? Дело в конструкции тигля. Вместо стенок у него вертикальные медные трубки, по которым циркулирует вода. Часть порошка прилегает к холодным трубкам, образуя защитную оболочку, внутри которой плавится основная масса порошка. На рисунке показаны:



- 1-Вертикальные медные водоохладяющие трубки;
- 2- кварцевый цилиндр;
- 3- ВЧ – индуктор;

Так рождаются фианиты – целый набор кристаллов, которых не существует в природе.

# ІСТОРІЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»*

*Ст. Л.В. Фатич*

*Кер. доц. Ю.В. Меншов*

Роль електроенергетики в сучасному житті важко переоцінити. Для отримання електроенергії існує багато способів. А саме гідроенергетика, паливна енергетика, атомна енергетика. В сучасний момент проблема розвитку альтернативних джерел набуває особливого значення – запасів вугілля вистачить на 400-500 років, нафти та газу максимум на 100 років.

Перший вітродвигун був розроблений в Персії за 200 років до нашої ери. Він мав вертикальну вісь та був застосований для отримання борошна з зерна.

У Європу вітряки потрапили в X сторіччі з хрестоносцями. У XIV сторіччі найбільше поширення вітряки отримали у Голландії, де їх використовували для перекачування води, для потреб по осушенню боліт та озер

Використання вітродвигунів мало широке поширення не лише в країнах Сходу та Європи. Вітроустановки у Росії, до складу якої входила Україна, широко використовувалась в сільському господарстві (млини та споруди для перекачки води). За архівними даними в Російській Імперії до 1917 року, на території теперішньої України та на територіях де жили етнічні українці працювали вітроустановки загальною потужністю 1400 (для порівняння – Хмельницька АЕС має потужність 1000 МВт).

Після жовтневої революції, у 20-30 р.р. XX ст. роль вітроенергетики значно зменшилась, завдяки низьким цінам на вугілля та інші види палива.

Інтерес до використання безкоштовної та чистої енергії вітру не зменшився. Серед відомих людей, які займались вітряками були професор В. Залевський. Він створив теорію вітроустановки та умови їх функціонування. Працюючи в центральному аерогідродинамічному інституті професор М.С. Жуковський розробив теорію вітродвигунів.

Ю.В. Кондратюк, працюючи у 1934 р. в Українському інституті промислової енергетики виконав робочі креслення найпотужнішої на той час вітроелектростанції (1200 кВт) загальною висотою 165 метрів. Цей проєкт здобув перемогу у всесоюзному конкурсі серед багатьох академіків та докторів наук. Але втілитись у життя цьому проєкту не судилося. Після

загибелі С.Орджонікідзе у 1937 році Ю.В. Кондратюка викликали до Москви та доручили проектування вітродвигунів для потреб колгоспних ферм. Проте на яйлі Веден-Кір, що над Ялтою, на висоті 1324 м над рівнем моря зберігається «склянка» - фундамент майбутнього залізобетонного вітряка.

Лауреат Ленінської премії М.Нікітін – творець Останкінської телевежі, в минулому співробітник Ю.В. Кондратюка, не приховував, що цей проект є продовженням Ай-Петринського проекту.

У 1950-1955 р.р. у країні щорічно вироблялось до 9000 вітроустановок, єдиною потужністю 30 кВт.

У 1960-1980 енергетика країни була загально спрямована на ТЕЦ, ГЕС, АЕС. Лише в 1990-х роках знов розпочали роботи щодо використання вітроенергетики. У 1990 році підприємства НПО «Южное» міністерства загального машинобудування та «Радуга» міністерства авіаційної промисловості були залучені до виробництва вітроенергетичних установок потужністю 200, 250 та 1000 кВт – на яких базувалось проектування Східно-Кримської, Ленінградської та Магаданської вітроелектростанцій.

Щодо перспектив розвитку цієї галузі. За міжнародними даними (всесвітньої вітроенергетичної організації – WWEA ) у 2006 році були встановлені агрегати загальною потужністю 14900 МВт. Наприкінці цього року загальна потужність світового виробництва вітроенергії складала 73904 МВт. Річний приріст складав 25%. За прогнозами WWEA на 2010 рік загальна потужність буде 160000 МВт. Лідирують у виробництві та темпам зростання виробництва вітроенергії США, Німеччина, Індія, Іспанія та Китай. Україна має досить великий вітроенергетичний потенціал – річне значення дорівнює 30 млрд. кВт год. Статистична обробка метеорологічних даних по швидкості та повторюваності швидкості вітру дозволила скласти мапу енергетичного потенціалу України. Найбільш перспективними є південно-східна та західна частина країни. Реальні можливості розвитку вітроенергетики враховані в «Програмі національної енергетики України до 2010 року», проект якої був поданий на розгляд Верховної Ради. Ним передбачається, що до 2010 року будуть введені в дію вітроелектростанції загальною потужністю 2000 МВт. За сприятливих умов, може бути введено електростанції більшої потужності, оскільки багато іноземних інвесторів та підприємств цікавляться українським ринком вітроенергії.

1. Бежан А.В., Экологические преимущества развития ветроэнергетики. //: Энергия, экономика, экология -2007.-№1 с.44-47. 2. Стародубцева Е.В. История развития ветроэнергетики.//Строительство и реконструкция. -2003. - №12.-с.23-25. 3. Хейфец Р.Г. Эффективность использования ветроэнергетики на территории Украины //Энергетика та електрифікація - 2007.- №7 с.71-75. 4. Михайлов Н.А. Проблемы и развитие малой ветроэнергетики в Украине //Энергосбережение - 2003.- №2 с.22-26. 5. Шмідт Г.Інформація всесвітньої асоціації вітроенергетики //Зелена енергетика – 2007. - №1. - с.18

# ВОЗМОЖНОСТИ СОТОВЫХ СВЯЗЕЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: В.Б. Котляров, А.А. Аракелян  
Рук. доц. Н.Б. Фатьянова*

3G (от англ. third generation — «третье поколение»), технологии мобильной связи 3 поколения — набор услуг, которые объединяют как высокоскоростной мобильный доступ с услугами сети Интернет, так и технологию радиосвязи, которая создаёт канал передачи данных.

Планирование 3G началось еще в 1985 году, когда Международный союз электросвязи (ITU) с поразительной прозорливостью предсказал потребность в более емких и сложных услугах, чем те, что способны обеспечить многочисленные аналоговые технологии мобильной связи того времени.

В 1998 году после многочисленных перекрестных оценок и испытаний организации по стандартизации из Европы, США, Японии и Кореи объединились в союз «Программа партнерства третьего поколения» (3G Partnership Project, 3GPP) для продвижения Wideband CDMA (WCDMA) в качестве наиболее подходящей радиотехнологии, на которую следует переходить растущей индустрии GSM.

Мобильная связь третьего поколения строится на основе пакетной передачи данных. Для реализации систем третьего поколения разработаны рекомендации по глобальным унифицированным стандартам мобильной связи:

- обеспечение качества передачи речи, сравнимого с качеством передачи в проводных сетях связи;
- обеспечение безопасности, сравнимой с безопасностью в проводных сетях;
- обеспечение национального и международного роуминга;
- поддержка нескольких местных и международных операторов;
- эффективное использование спектра частот;
- пакетная и канальная коммутация;
- поддержка многоуровневых сотовых структур;
- взаимодействие с системами спутниковой связи;
- поэтапное наращивание скорости передачи данных вплоть до 10Мбит/с.

Несмотря на то что конечная цель для всей индустрии телекоммуникаций — создать единую всемирную среду мобильной связи, поддерживающую широкополосные системы и обеспечивающую глобальную мобильность, в результате, скорее всего, возникнет некоторое семейство стандартов, обеспечивающее услуги третьего поколения.

Сети третьего поколения 3G работают на частотах дециметрового диапазона около 2ГГц, передавая данные со скоростью 2Мбит/с. Они позволяют организовывать видеотелефонную связь, смотреть на мобильном телефоне фильмы и телепрограммы и т. д. В мире сосуществуют два стандарта 3G: UMTS (или W-CDMA) и CDMA2000. UMTS распространён в основном в Европе, CDMA2000 — в Азии и США. По данным Wireless Intelligence, на конец ноября 2006 г. в мире насчитывалось 364 млн абонентов 3G, из них 93,5 млн были подключены к сетям UMTS и 271,1 млн — к CDMA2000. Крупнейший оператор — японский NTT DoCoMo (40 млн абонентов).

4G — четвёртое поколение мобильной связи, характеризующееся высокой скоростью передачи данных и повышенным качеством голосовой связи. К четвёртому поколению относятся технологии 4G как технологию беспроводной коммуникации, которая позволяет достичь скорости передачи данных до 1Гбит/с в условиях движения источника или приемника и до 100Мбит/с в условиях обмена данными между двумя мобильными устройствами. Примером технологии 4G является WiMAX, имеющая теоретический предел скорости передачи в 1Гбит/с. Для сравнения максимальная скорость передачи через GSM (2G) составляет 240Кбит/с, а в 3G — около 10Мбит/с. Главное отличие сетей четвёртого поколения от предыдущего, третьего, заключается в том, что технология 4G полностью основана на протоколах пакетной передачи данных, в то время как 3G соединяет в себе передачу как голосового трафика, так и пакетов данных. Технология 4G, в частности, позволит абонентам смотреть многоканальные телетрансляции высокой чёткости и управлять домашней бытовой техникой с помощью мобильного устройства.

Сейчас в наиболее технически развитых странах уже используются технологии 3G и 3,5G. Существует уже более 100 коммерческих сетей. Многие страны стремятся сразу перейти к сетям 4G, "перескочив" 3G. По материалам CNews, в Китае запущена в эксплуатацию первая в мире сеть связи четвёртого поколения (4G). Исследовательский проект по переходу от 3G к 4G был инициирован Китаем в 2001 г. в рамках национальной программы. Запуск системы обошёлся в \$19,2 млн.

Для пересылки данных используется протокол IPv6, а также, в будущем планируется поддержка IPv4. Для обеспечения необходимой скорости используются частоты 40 и 60 GHz. Создатели приемопереда-



ющего оборудования для 4G применили испытанный в цифровом вещании прием - технологию мультиплексирования с ортогональным разделением частот OFDM. Такая методика манипулирования сигналом позволяет значительно "уплотнить" данные без взаимных помех и искажений. При этом происходит разбиение по частотам с соблюдением ортогональности: максимум каждой несущей волны приходится на тот момент, когда соседние имеют нулевое значение. Этим исключается их взаимодействие, а также более эффективно используется частотный спектр - не нужны защитные "противоинтерференционные" полосы. Для передачи сигнала применяется модуляция со сдвигом фазы (PSK и ее разновидности), при которой пересылается больше информации за отрезок времени, или квадратно амплитудная (QAM), более современная и позволяющая выжать максимум из пропускной способности канала. Конкретный тип выбирается в зависимости от требуемой скорости и условий приема. Сигнал разбивается на определенное количество параллельных потоков при передаче и собирается при приеме.

Для уверенного приема и передачи на сверхвысоких частотах планируют применять так называемые адаптивные антенны, которые смогут подстраиваться под конкретную базовую станцию. Но в условиях города таким антеннам в определении правильного направления могут помешать замирания сигнала - его искажения, возникающие в процессе распространения. Здесь выручает еще одна особенность OFDM - стойкость к замираниям (для разных типов модуляции есть свой запас на замирания). Возможна и работа в условиях отсутствия прямой видимости, что так мешает телефонам стандарта GSM. Недостатки OFDM - чувствительность к доплеровским искажениям и требовательность к качеству электронных компонентов.

Компания "Ericsson" впервые в мире осуществила телефонный вызов с одного абонентского 4G-терминала на другой, используя технологию "Long-Term Evolution - System Architecture Evolution" (LTE/SAE), в рамках выставки "Mobile World Congress 2008". Поддерживаемая скорость передачи данных между устройствами составляет 160Мбит/с по сравнению со скоростью 3G - 3,1Мбит/с.

Как сообщили ЛПГАБизнесИнформ в пресс-службе "Ericsson", платформа LTE/SAE даст возможность расширить возможности таких ресурсоемких сфер применения, как мобильное видео, блоггинг, игры с высококачественной графикой, телефония со значительной мультимедийной составляющей. Начало продаж данной платформы намечено на 2009 год.

# ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ БУДУЩЕГО

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. О.А. Догадина, В.В. Харина*

*Рук.: доц. В.И. Белозерцева, ст.пр. И.А. Корж*

Увеличение объемов сжигаемого топлива влечет за собой увеличение выбросов оксида углерода в атмосферу, тем самым, способствуя процессу глобального потепления. Запасы не возобновляемого топлива ограничены. Возникает острая необходимость в разработке новых энергоэффективных материалов и технологий.

Применение материала, который полностью исключил бы потерю тепла на отопление жилых и производственных помещений, позволило бы сократить выбросы оксида углерода и снизить расход энергии. Применяемый в космической промышленности аэрогель, состоящий на 99% из воздуха и на 1% из диоксида кремния, прозрачен и выдерживает огромные перепады температуры ( $\sim 1500^{\circ}/3\text{мм}$ ), но для применения в строительстве слишком хрупок. Улучшение прочностных характеристик аэрогеля уменьшило бы вредные выбросы в атмосферу  $\sim 30\%$ .

Искусственное освещение с применением электроламп накаливания, кроме нерационального расхода энергии (а, значит, и топлива), отрицательно влияет на здоровье, особенно детей. Разрабатываются технологии, позволяющие максимально использовать солнечный свет и доступные для широкого потребления: пластиковые сферические зеркала с автоматической ориентацией; оптические волокна на основе акрила.

Темные крыши зданий мегаполисов нагреваются сильнее, чем здание в целом, и создают т.н. "тепловой купол" над городами, где температура на несколько градусов выше, чем в сельской местности. Один из предлагаемых способов решения этой проблемы – "зеленые крыши". Растения на крыше удерживали бы воду, снижали бы выбросы  $\text{CO}_2$ , поглощали бы и перерабатывали токсичные вещества (выхлопы автомобилей, дымы промышленных предприятий), выпадающие вместе с дождем. Но создание такого сооружения связано с рядом технических трудностей: крыша должна выдержать определенную массу земли, растения не должны расползаться. Нахождение оптимального решения могло бы снизить среднюю температуру в городах на  $6 - 7^{\circ}\text{C}$ .

Эффективность современных фотогальванических элементов  $\sim 4\%$ . Применение нанотехнологий дает возможность улучшить свойства фотогальванических элементов. Тогда, возможно, не только здания, а и автомобили, даже одежда, покрытые наногальваническими элементами, приобретут свойства мини-электростанций.

# ВЯЗКОСТЬ ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ. ИСТОРИЧЕСКИЕ МОМЕНТЫ И МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. И.С. Забелина*

*Рук. доц. Ю.В. Меньшов*

При расчете различных турбин необходимо учитывать движение жидкостей или газов по различным их частям. В теории есть подобия множество критериев, по которым производится моделирование гидро и газодинамических процессов. Критерии подобия это безразмерные величины, но в них входят реальные физические величины такие как скорость размеры сосудов и др. Важное место уделяется физической величине – вязкости. Как известно вязкость это свойство жидкостей или газов оказывать сопротивление усилиям вызывающим относительное перемещение их частиц.

Динамическая вязкость определяется из закона Ньютона для явления внутреннего трения. В СИ измеряется в Н·с/м<sup>2</sup> или Па·с. Внесистемной единицей является пз(пуаз)=дн·с/см. При этом 1 Н·с/м<sup>2</sup>=10пз=1000спз [1].

Для различных технологических целей используют кинематическую вязкость или кинематический коэффициент вязкости равный отношению динамической вязкости к плотности. В СИ измеряется в м<sup>2</sup>/с. Внесистемной единицей является ст(стокс)=1см<sup>2</sup>/с=100сст, т.е. 1м<sup>2</sup>/с=10<sup>4</sup>ст. [1]. Например, кинематическая вязкость воды составляет при комнатной температуре 1 спз, глицерина 1500 спз, воздуха в 50 раз меньше, чем воды.

Различают ньютоновские и неньютоновские жидкости. Первые подчиняются закону Ньютона, вторые проявляют аномальный характер. К ним относятся многие полимеры, коллоидные растворы, густые суспензии, пасты.

Вопросами течения жидкостей и газов занималось много исследователей.

Жан Леонард Мари Пуазейль (22.04.1799-20.12.1869) [3]. занимался исследованиями в области молекулярной физики. Им был открыт закон истечения жидкости через тонкую цилиндрическую трубку, который лежит в основе капиллярного метода определения вязкости жидкостей или газов. [1,4].

$$V=\pi d^4 \Delta p / (128 \eta l), \text{ где}$$

$V$ -объемный расход в единицу времени,  $d=2r$ - диаметр капилляра,  $l$ - длина капилляра,  $\Delta p$ -перепад давлений на концах капилляра,  $\eta$ -динамическая вязкость.

Метод отличается компактностью, высокой точностью, простотой. Благодаря этому он получил широкое распространение в заводских лабораториях.

Даниил Бернулли (08.02.1700-17.03.1782) родился в Германии в Гронингене. До 1753г. Работал в Петербурге в академии наук, руководил кафедрой чистой математики. С 1733 г. в Базеле работал сначала на кафедре анатомии, а затем руководил кафедрой опытной физики. Совместно с Леонардом Эйлером создал теоретическую гидродинамику. Наиболее известно уравнение стационарного движения идеальной жидкости

$$Z + p/\rho g + v^2/2g = \text{const}, \text{ где}$$

$Z$ -нивелирная высота,  $p/\rho g$ -статический напор,  $v^2/2g$ -скоростной напор.

По сути уравнение Бернулли отражает закон сохранения энергии в гидродинамике.

Еще одним методом определения динамической вязкости является знакомый многим из вас метод Стокса[4]. Суть метода в определении скорости движения маленьких металлических шариков в определяемой жидкости.

$$\eta = 2/9 g r^2 (\rho - \delta) / (v(1 + 2,4r/R)(1 + 3,3r/h)), \text{ где}$$

$r$ - радиус шарика,  $\rho$ - $\delta$ -плотности шарика и масла,  $R, h$ - параметры сосуда.

Однако наибольшей заслугой Джорджа Габриеля Стокса (13.08.1819-1.02.1903) английского физика и математика, члена Лондонского Королевского общества, профессора Кембриджского университета является разработка теории вязкости жидкости. Речь идет о параболическом законе Стокса (распределения скоростей движущейся жидкости) и главным образом создании системы дифференциальных уравнений Навье-Стокса. Для примера запишем уравнение движения относительно оси  $z$ .

$$\rho dv/dt = -\rho g - \partial p/\partial z + \eta \Delta^2 v,$$

$$\text{где } \Delta^2 v = \partial^2 v/\partial x^2 + \partial^2 v/\partial y^2 + \partial^2 v/\partial z^2$$

Левая часть уравнения – проекция равнодействующих сил действующих на тело, движущееся в жидкости. Правая часть отвечает сумме проекций сил тяжести, давления и сил сопротивления.

Таким образом определение параметра вязкости жидкости или газа играет важную роль в решении различных газо и гидродинамических задач.

# ГЕНИЙ ВСЕХ ВРЕМЁН (к 130-летию А. Эйнштейна)

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. А.А. Козин*

*Рук. доц. Л.Г. Петренко*

14 марта 2009 года исполнилось 130 лет со дня рождения гениального учёного физика-теоретика Альберта Эйнштейна.

Этот учёный стал одним из символов XX столетия, человеком-легендой, чье имя сделалось синонимом гениальности, а его теория относительности и другие работы в фундаментальной физической науке прочно ассоциируются с наивысшими достижениями человеческого разума. Речь идет, без преувеличений, об одной из уникальных личностей всего мира.

Родился Эйнштейн в Германии в семье мелко-го коммерсанта. Учился в католической народной школе в Ульме, затем, после переезда семьи в Мюнхен, в гимназии, где не был в числе первых учеников. Укоренившаяся система механического заучивания материала учащимися, а также авторитарное отношение учителей к ученикам вызывало у Альберта Эйнштейна неприятие, поэтому он часто вступал в споры со своими преподавателями. Школьным урокам он предпочитал самостоятельные занятия. В особенности привлекали его геометрия и популярные книги по естествознанию, и вскоре в точных науках он далеко опередил своих сверстников. К 16 годам Эйнштейн овладел основами математики, включая дифференциальное и интегральное исчисления. В 1895, не окончив гимназию, отправился в Цюрих, где находилось Федеральное высшее политехническое училище, пользовавшееся высокой репутацией. Не выдержав экзаменов по современным языкам и истории, поступил в старший класс кантональной школы в Аарау. По окончании школы, в 1896, Эйнштейн выдержал экзамены и стал студентом Цюрихского политехникума. Здесь одним из его учителей был превосходный математик Герман Минковский. Впоследствии именно он придал специальной теории относительности Эйнштейна законченную математическую форму, но тогда его лекции в политехникуме Эйнштейн часто пропускал, о чём потом искренне сожалел. Эйнштейн большую часть времени работал в физической



лаборатории, а в остальное время читал классические труды Г. Кирхгофа, Дж. Максвелла, Г. Гельмгольца и др.

После выпускного экзамена в 1900 Эйнштейн в течение двух лет не имел постоянного места работы. Недолгое время он преподавал физику в Шаффгаузене, давал частные уроки, а затем по рекомендации друзей получил место технического эксперта в Швейцарском патентном бюро в Берне. В этом «светском монастыре» Эйнштейн проработал до 1909 года и считал это время самым счастливым и плодотворным в своей жизни.

В 1905 в журнале «Анналы физики» вышли три выдающиеся статьи Эйнштейна, принесшие ему мировую славу и положившие начало новой научной революции. С этого исторического момента пространство и время навсегда перестали быть тем, чем были прежде (специальная теория относительности), квант и атом обрели реальность (фотоэффект и броуновское движение), масса стала одной из форм энергии ( $E = mc^2$ ).

Специальная теория относительности (СТО), основанная на двух постулатах (специальном принципе относительности и принципе постоянства скорости света в вакууме), привела к ломке многих основополагающих понятий (абсолютности пространства и времени), к установлению новых пространственно-временных представлений (относительности длины и времени, одновременности событий).

Исходя из СТО, Эйнштейн в том же 1905 открыл закон взаимосвязи массы и энергии. Его математическим выражением является знаменитая формула  $E = mc^2$ . Эта формула трактуется также как выражение, описывающее «превращение» массы в энергию. Именно на этом представлении основано объяснение «дефекта массы». В механических, тепловых и электрических процессах он слишком мал и потому остается незамеченным. На микроуровне он проявляется в том, что сумма масс составных частей атомного ядра может оказаться больше массы ядра в целом. Недостаток массы превращается в энергию связи, необходимую для удержания составных частей. Атомная энергия есть не что иное, как превратившаяся в энергию масса. Принцип эквивалентности массы и энергии позволил сформулировать всеобщий закон сохранения массы-энергии. Закон Эйнштейна лежит в основе всей ядерной физики.

В 1915 Эйнштейн завершил создание общей теории относительности (ОТО). Если построенная в 1905 СТО рассматривает системы, движущиеся по отношению друг к другу прямолинейно и равномерно, то общая имеет дело с произвольно движущимися системами. ОТО является в основном учением о тяготении. Эйнштейн утверждал, что пространство отнюдь не однородно и что его геометрическая структура зависит от распределения масс, от вещества и поля. Сущность тяготения объясняется изменением геометрических свойств, искривлением четырехмерного пространства-времени вокруг тел, которые образуют поле. Кривизной про-

странства определяется геометрическая форма траекторий тел, движущихся в поле тяготения. Орбиты планет определяются искривлением пространства, задаваемым массой Солнца, и характеризуют это искривление. Закон тяготения становится частным случаем закона инерции.

В 1916–1917 вышли работы Эйнштейна, посвященные квантовой теории излучения. В них он рассмотрел вероятности переходов между стационарными состояниями атома (теория Н.Бора) и выдвинул идею индуцированного излучения. Эта концепция стала теоретической основой современной лазерной техники.

Часть учёных сразу приняли СТО. Однако немало учёных сочли «новую физику» чересчур революционной, необычные следствия СТО были неприемлемы для консервативной части научного сообщества, которое предпочитало смотреть на пространственно-временную концепцию Эйнштейна-Минковского как на чисто математический приём. Дело осложнялось также тем, что СТО не предсказывала поначалу никаких новых наблюдаемых эффектов. Решающим аргументом в пользу истинности СТО стали астрофизические наблюдения, подтверждающие ОТО. Со временем постепенно накапливались и опытные подтверждения самой СТО. На ней основаны [квантовая теория поля](#), теория [ускорителей](#), она учитывается при проектировании и работе [спутниковых систем навигации](#). После этого теория относительности стала практически общепризнанным фундаментом современной физики.

В [1933 году](#) после прихода к власти фашистов Эйнштейну пришлось навсегда покинуть Германию, к которой он был очень привязан. В знак протеста против преступлений нацизма он отказался от немецкого гражданства и членства в Прусской и Баварской академиях наук.

С октября 1933 Эйнштейн приступил к работе в Принстонском университете (США). Ученый продолжает свои работы по теории относительности и проблеме создания единой теории поля.

Эйнштейна очень беспокоило развитие политической ситуации в Германии. Он опасался, что после открытия деления ядра Ганом и Штрассманом у Гитлера появится атомное оружие. Тревожась за судьбу мира, Эйнштейн направил президенту США Рузвельту свое знаменитое письмо, которое побудило последнего приступить к работам по созданию атомного оружия. После окончания Второй мировой войны Эйнштейн включился в борьбу за всеобщее разоружение. На торжественном заседании сессии ООН в 1947 он заявил об ответственности ученых за судьбы мира, а в 1948 выступил с обращением, в котором призывал к запрещению оружия массового поражения. Мирное сосуществование, запрещение ядерного оружия, борьба против пропаганды войны – эти вопросы занимали Эйнштейна в последние годы жизни не меньше, чем физика.

Умер Эйнштейн в Принстоне 18 апреля 1955. Его прах был развеян друзьями в месте, которое должно навсегда остаться неизвестным.

[1] [www.wikipedia.org.ru/](http://www.wikipedia.org.ru/) “Эйнштейн Альберт”.

[2] Кузнецов Б. Г. [Эйнштейн. Жизнь. Смерть. Бессмертие](#). М.: Наука, 1980.

## ИСААК НЬЮТОН (1642-1727)

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: А.В. Кицела, А.Ю. Чистаева*

*Рук: ст. пр. С.С. Кривонос, ст. пр. Т.Н. Шелест*

Исаак Ньютон один из величайших ученых в истории человечества. Он сформулировал основные законы механики, открыл закон всемирного тяготения, открыл законы разложения белого света и выдвинул корпускулярно-волновую теорию света, разработал дифференциальное и интегральное исчисления, открыл закон охлаждения нагретого тела, открыл закон сопротивления движению в вязкой жидкости, сконструировал один из первых термометров, впервые построил отражательный телескоп.

Он родился вьюжной зимой 1642 года, после рождества, когда метель особенно тоскливо выла в высоких каминных трубах Вулсторпа. Родился до срока, таким хилым и слабым, что Варнава Смит, священник, считал, что он не жилец на этом свете. Сам Ньютон говорил впоследствии: «По словам матери, я родился таким маленьким, что меня можно было бы выкупать в большой пивной кружке». Но слабый этот младенец выжил всем на удивление и, странно, за всю свою долгую жизнь почти никогда не болел, к 84 годам потерял лишь один зуб. Он не знал своего отца, который умер до его рождения. Отчим говорил, что отец был «диким, чудным и слабым человеком». Когда ему было три года, отчим с матерью уехали, а мальчик остался с бабушкой. Так они и жили — в маленьком сельском домике из серого камня, окруженном редким плетнем.

Он окончил сельскую школу и мог бы удовлетвориться этим, как соседние мальчишки, сыновья таких же фермеров, каким был его отец. Но, к счастью, родные послали его в Королевскую школу в Грэнтэм — маленький городок в десяти километрах от родной деревушки.

В отроческие годы Ньютон отличался от сверстников равнодушием к шумным забавам и интересом к любой работе, требовавшей каких-нибудь орудий, инструментов или приспособлений. Он мог часами наблюдать за плотником или кузнецом, а потом сам, как мог, повторять увиденное. Очень заинтересовала его ветряная мельница, которую сооружали неподалеку от Грэнтэма. Когда он понял наконец принцип ее работы, то тотчас построил маленькую модельку, в которой поселил мышонка. Чтобы поест, мышонок должен был взбираться наверх к мешочку с зерном и при этом вращать мельничное колесо.



Потом, в Тринити-колледже, в Кембридже, он тоже живет как-то незаметно, сторонится веселых студенческих компаний, избегает вечеринок, а если и приходит, не пьет, сидит словно по принуждению. Впрочем, поведение его определяется во многом положением. Смерть отчима лишила его всякой родительской помощи. И студентом он становится не сразу. Сперва он суб-сайзер, бедняк, которого хоть и пускали на лекции, но требовали, чтобы за это он прислуживал своим богатым однокашникам. Студентом он стал только в 1664 году, но и тут поначалу ничем замечательным себя не выказал. Был прилежным, интересовался математикой. Учился он как-то незаметно, средне, и невозможно проследить, как буквально за несколько лет происходит это сказочное превращение вчерашнего провинциального школьника в совершенно самостоятельного и оригинального исследователя.

Исаак Ньютон получил в 1665 году степень бакалавра, после чего вернулся в родительский дом, в Вулсторп. Здесь он провел следующие полтора года. Причиной его столь долгого отсутствия в университетских стенах была эпидемия чумы, унесшая многие жизни. В Вулсторпе Ньютон продолжил свое образование, самостоятельно изучая математику. Два года его жизни — 1665-й и 1666-й — биографы Ньютона называют «чудесными годами» — *anni mirabiles*.

Процесс вычисления суммы дуг кривой — метод, применяемый в интегральном и дифференциальном исчислении, позволил заложить фундамент изучения движения планет по орбитам. Изучение сил, воздействующих на планеты, привело в будущем к открытию Ньютоном законов всемирного тяготения.

Чума, вынудившая людей разъехаться по разным местам, пошла на убыль, и в 1667 году университет возобновил работу. Ньютону было присвоено звание члена научного общества Тринити-колледжа; он также удостоился звания магистра и получил право пожизненного преподавания в университете. В 1669 году Исаак Ньютон стал преподавателем математики и начал восхождение к вершинам научных открытий.

Главным предметом научного интереса Ньютона являлась природа света. Он высказал предположение, что белый свет — не чистый цвет, что считалось определяющим и единственным мнением еще со времен Аристотеля, а состоит из целого спектра цветов. Ньютон экспериментировал с различными призмами и представил научному Лондонскому королевскому обществу свое изобретение — телескоп-рефлектор, что стало в 1672 году причиной принятия его членом названного общества.

Ньютон обосновал законы движения материальных тел и воздействие центробежной силы на предметы, движущиеся по круговой орбите. Он также разработал дифференциальные и интегральные уравнения и при

помощи особых расчетов открыл закон всемирного тяготения. В своей книге «Математические начала натуральной философии» («*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*») он объяснил причины отклонения лунной орбиты и земных приливов, а также прецессию земной оси. Эта работа была опубликована в 1687 году и признана величайшим научным исследованием всех времен.

Для человека, разработавшего научные принципы, которые остаются актуальными и в наши дни, Ньютон был человеком с неортодоксальными интересами: его чрезвычайно занимала алхимия — мистическое искусство превращения металлов в золото. Эти исследования отнимали немалую долю времени великого ученого, и он оставил после себя обширные записи о проводимых им алхимических опытах, хотя и не опубликовал ни одной работы на эту тему.

В основе веры Ньютона в алхимию лежали унаследованные от Аристотеля описания четырех стихий, которые в сочетании с определенными условиями и материалами могут быть превращены одна в другую при правильном соблюдении пропорций самих материалов и внешних условий. Первые эксперименты Ньютона были попыткой получить философский камень, который, по мнению алхимиков, являлся своего рода катализатором, способствовавшим превращению металлов вышеназванным образом. Ученому удалось получить разновидность сурьмы, так называемой *star regulus*. О ней говорится в письме от 1672 года как о материале для создания зеркала для телескопа.

После тридцати пяти лет, проведенных в Кембридже, Исаак Ньютон в 1696 году переехал в Лондон, где занял должность смотрителя Монетного двора — важный пост государственного значения. Это не стало помехой его научным изысканиям, и в 1703 года Ньютон был избран президентом Лондонского королевского общества — научного общества Великобритании. В 1704 году вышел в свет еще один его известный научный труд — «Оптика». Незадолго до этого королева Анна удостоила ученого рыцарского звания.

Ньютон был глубоко верующим христианином, занимавшимся не только наукой, но и теологией. Для него одно было неотделимо от другого. Ньютон ценил свои теологические и исторические труды никак не меньше, чем «Начала» и «Оптику». Ньютон был правомерным протестантом, представляющим его крайнее крыло; отказываясь от церкви римской, как и все протестанты, он шел еще дальше и призывал вернуться к доисторическому, примитивному, «истинному христианству». Основные принципы этой первичной и когда-то единой для всех народов религии просты: «вера в то, что мир создан верховным богом и им же управляется; любовь к нему и почитание его; почет, воздаваемый родителям; завет

любить ближнего своего как самого себя, сострадание даже к диким зверям – вот древнейшая из всех религий”.

Когда произошло расселение народов, истинная религия была, по мнению Ньютона, искажена; многие народы стали отождествлять с богами своих царей и героев. Протестантизм упразднял посредничество между богом и человеком.

Основной идеей библейского труда Ньютона было устранение расхождений между хронологией светской и хронологией Ветхого Завета. Причем за жесткую основу сопоставления бралась именно Библия. Таким образом, Ньютону нужно было привести в полное соответствие библейскую историю, насчитывающую до Христа четыре тысячи лет и светскую историю, насчитывающую, например, для Египта почти пятнадцать тысяч лет. И Ньютон начинает безжалостно скашивать года Египту и другим странам. Его основной тезис – все народы сильно преувеличивают свою древность, стараясь выделиться друг перед другом. “Все нации, прежде чем они начали вести точный учет времени, были склонны возвеличить свою древность. Эта склонность увеличилась еще больше в результате состязания между нациями”.

Ему удалось жестко совместить библейскую и светскую историю, найти связующие их имена и исторические события. Здесь со стороны Ньютона – масса произвола, неточностей и натяжек; но в то время, когда не знали ценности археологических раскопок, не расшифровали клинописных табличек, его работа выдавалась среди других благодаря его остроумию, а также владению им астрономическими, математическими и филологическими методами и, наконец, в силу страсти, которую он вложил в эти изыскания.

И, тем не менее, методические достижения Ньютона в установлении хронологии весьма существенны: он использовал астрономические данные, сократил действительно раздутые царствования, сблизил сходные мифы, использовал сходство культов и культур и т.п.

Умер Исаак Ньютон в 1727 году и был с почестями погребен в Вестминстерском аббатстве за государственный счет. Гроб с прахом великого ученого несли лорд-канцлер Великобритании, два герцога и три графа. В честь этого незаурядного человека был воздвигнут памятник.

Записи о занятиях алхимией, оставленные Ньютоном, приобрел в 1936 году известный ученый-экономист Джон Мейнард Кейнс, который на юбилее трехсотлетия со дня рождения великого математика и физика сказал: «Он считал мироздание криптограммой, составленной самим Всевышним».

# **ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ: ЭВОЛЮЦИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ОТ ДРЕВНИХ ВРЕМЕН ДО КОНЦА XIX ВЕКА**

**Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»**

***Ст. В. Хижняк***

***Рук. доц. С.Д. Гапченко***

Изучение истории физических представлений о строении и масштабах Вселенной позволяет выделить ключевые моменты в развитии человеческой мысли, характеризующиеся ломкой стереотипов мышления, изменением подхода к познанию окружающего мира и позволяет лучше осмыслить проблемы современности.

В процессе становления современной науки о Земле и Вселенной можно выделить несколько этапов.

Первый этап связан с древними цивилизациями (шумеры (~3500÷2000гг. до н.э.), вавилоняне (~2000÷1000гг. до н.э.), египтяне (~3000÷1000гг. до н.э.) и характеризуется накоплением и систематизацией данных астрономических наблюдений за движением Солнца и Луны. Представления о Земле и Вселенной, разные по форме, но близкие по содержанию, дошли до нас в виде мифов, которые были первой попыткой человека осмыслить окружающий мир. Земля представлялась в виде тверди, плавающей во всемирном море. Небо – обиталище богов, отделено куполом со звездами и небесными светилами. Силы природы и небесные светила обожествлялись.

Второй этап относится к эпохе древнегреческой культуры ((~1000÷IV в.. до н.э.) и эллинизма (IV в. ÷ 30 гг. до н.э.). Вместо систематизации результатов наблюдений греческие ученые ставили перед собой задачу создания на основе немногих допущений или общих принципов возможно более логичного и полного объяснения или описания наблюдаемого явления (т.е. применяли метод дедукции). Это был этап зарождения научной теории. Пифагором и его последователями была разработана первая геоцентрическая модель Вселенной – система концентрических хрустальных сфер с закрепленными на них небесными объектами, которые вращались вокруг неподвижной Земли. Накопление астрономических данных (измерение радиусов Земли (Эратосфен), Луны и Солнца, а также расстояний от них до Земли (Аристарх), открытие прецессии равноденствий (Гипарх), результаты наблюдений за движением семи известных небесных светил (Солнце, Луна, Меркурий, Венера,

Марс, Сатурн, Юпитер)) требовало усложнения схем. Венцом древнегреческой мысли явилась система Птолемея (~120г.) - она позволяла объяснить все имеющиеся данные наблюдений и предсказывать положения планет в будущем – и господствовала в астрономии на протяжении почти четырнадцати веков. Этому периоду принадлежит также первая попытка систематизировать природу в целом (Аристотель (~340г. до н.э.)). Он создал рациональную, всеобъемлющую, целостную, упорядоченную на основании его логики систему знаний, которая согласовывалась с религиозными воззрениями на устройство мира (источником любого движения является бог), что обеспечило ей доминирующее положение в науке вплоть до XVII в. Вместе с тем принципиально новый взгляд на мироздание был высказан античным философом Лукрецием Каром (~I в. до н.э.) в поэме «О природе вещей». Для него характерно стремление к формированию мировоззрения на основании только законов природы. Боги, хотя и существуют, но не творят мир и не управляют им. В качестве аргумента им используется его учение о бесконечности мира, Вселенной. Вселенная не дана человеку в чувственном восприятии, ибо она беспредельна и может быть охвачена только беспредельной мыслью. Человеческий разум – единственная непреходящая ценность.

Начало третьему этапу было положено в эпоху Возрождения (XV в.), а его развитие связано с именами Николая Коперника, Тихо Браге, Иоганна Кеплера, Галилео Галилея, Рене Декарта, Исаака Ньютона.

Н.Коперник (~1510г.), исходя из сформулированного им «принципа относительности восприятия», построил гелиоцентрическую механическую систему, согласующуюся с наблюдениями и дающую целостное представление о Вселенной, которая была изложена им в труде «О вращении небесных сфер». Это была первая теория, противоречащая обыденному здравому смыслу, и означала выход человеческой мысли на новый уровень мышления. В это же время Джордано Бруно в своих диалогах «Пир на пепле» и «О бесконечности Вселенной в мирах» сформулировал идею бесконечности Вселенной и множественности миров. Это был удар по геоцентризму и религиозным догматам. Д. Бруно был сожжен на костре инквизицией.

Дальнейший прогресс связан с именем Тихо Браге (~1580г.), чьи поразительно точные измерения послужили основой для формулировки Кеплером трех его законов. Преемником И. Кеплера стал Г.Галилей (1564÷1642), посвятивший значительную часть своей жизни физическому обоснованию системы Коперника. Работая над доказательствами, он дал систематическое описание движению тел («Диалоги о двух новых науках»), сформулировал закон инерции, открыл спутники Юпитера. Галилей заложил основы современной механики, ввел в науку эксперимент

как метод познания окружающего мира, а в качестве основы научного познания описание эксперимента на языке математики, чем во многом предопределил дальнейшее развитие физики. Именно с его именем связывается зарождение экспериментальной и теоретической физики. Свои доказательства системы Коперника он изложил в труде «Диалоги о двух главнейших системах мира – птолемеевой и коперниковой», за что был осужден и преследовался церковью.

Кроме Галилея физическое объяснение системе Коперника пытались найти многие выдающиеся ученые (Декарт, Гук, Гюйгенс и др.), но решить ее удалось только Ньютону. Он, благодаря открытию трех законов динамики и закона всемирного тяготения, а также дифференциального и интегрального исчисления, придал механике характер цельной научной теории, которую изложил в «Математических началах натуральной философии» (1687г.). Разработанная им теория движения планет и закон всемирного тяготения были физическим обоснованием системы Коперника. В рамках своей теории Ньютон рассчитал отклонение Земли от сферы, объяснил прецессию равноденствий, происхождение приливов и отливов, раскрыл природу комет, дал наглядную картину движения искусственного спутника Земли, определил массы Солнца, Луны, Земли и планет. Ньютон не рассматривал причин тяготения – в своих доказательствах он стремился к установлению принципа: закон природы не является объяснением, исходящим из первоначально установленных причин. Закон – лишь краткая формулировка широкой области явлений, выведенная при помощи логического заключения и математического расчета. В законе всемирного тяготения наука получила образец закона природы как точного, повсюду применимого правила, с точно определенными следствиями. Этот закон был включен Кантом в его философию, где природа представлялась царством необходимости в противоположность морали – царству свободы.

Физическая концепция Ньютона была своеобразным венцом физики XVII в. Статический подход к Вселенной был заменен динамическим. В науке был создан новый стиль: Ньютон использовал метод дедукции для получения большого числа выводов из нескольких законов, но его трактовка существенно отличалась от дедуктивных методов греков. Он создал свою теорию на основе предположений, вытекающих из эксперимента, затем получил из нее следствия и по возможности проверил эти следствия экспериментально (законы Кеплера). Таким образом, были сформированы принципы разработки научной теории, которыми руководствуются ученые до сих пор.

Механика Ньютона стала основой механической картины мира, господствовавшей в науке до конца XIX в.

## К ВОПРОСУ О ЧЕРНЫХ ДЫРАХ

*Национальный технический университет  
„Харковский политехнический институт”*

*Ст.: Халмурадова, Р. Золотухин*

*Рук.: доц. Г.Я. Дульфан, доц. Н.Б. Фатьянова*

Падение в черную дыру стало одним из ужасов научной фантастики. На самом деле о черных дырах сейчас можно сказать, что это научный факт, а не фантастика. Есть достаточные основания утверждать, что черные дыры должны существовать, и наблюдения четко указывают на присутствие в нашей Галактике множества черных дыр, а в других галактиках их еще больше. Конечно, описывать, что происходит, когда падаешь в черную дыру, — это поистине раздолье для фантастов. Обычно предполагают, что если черная дыра вращается, то можно провалиться через дырочку в пространстве-времени и оказаться в другой части Вселенной. Это дает большие возможности для путешествий в космосе. И в самом деле, если путешествия на другие звезды, не говоря уж о других галактиках, в будущем окажутся осуществимыми на практике, нам понадобится нечто подобное. В противном случае тот факт, что ничто не может двигаться быстрее света, растянет путешествие к ближайшей звезде по меньшей мере лет на восемь. Предположим, с поверхности Земли выстрелили ядром из пушки вертикально вверх. По мере подъема оно будет замедляться силой притяжения. В конце концов ядро остановится и начнет падать обратно. Однако если оно вылетит из пушки со скоростью больше некоторой критической величины, то никогда не остановится и не упадет, а продолжит свое движение вверх. Это означает, что гравитация не оказывает на свет существенного влияния, и он может без труда оторваться и от Земли, и от Солнца. Однако может существовать звезда, достаточно массивная и достаточно маленькая по размеру, чтобы ее скорость убегания оказалась больше скорости света. Мы не сможем увидеть такую звезду, потому что свет с ее поверхности до нас не дойдет, а будет притягиваться обратно гравитационным полем.

1. С Хокинг. Черные дыры и молодые вселенные. С.-Петербург, 2001

# БОЛЬШОЙ АДРОННЫЙ КОЛЛАЙДЕР - ВЫМЫСЕЛ И РЕАЛЬНОСТЬ

*Национальный технический университет  
„Харковский политехнический институт”*

*Ст.: А. Белевцова, Е. Якушко*

*Рук.: доц. Г.Я. Дульфан, доц. Н.Б. Фатьянова*

В коллайдере два пучка частиц летят навстречу друг другу и при столкновении энергии пучков складываются. В обычных ускорителях пучок ударяет по неподвижной мишени и энергия такого соударения гораздо меньше. Среди элементарных частиц есть семейство адронов. К нему относятся протоны и нейтроны, из которых состоят ядра всех атомов, а также разнообразные мезоны. Важное свойство адронов — то, что они не являются по-настоящему элементарными частицами, а состоят из кварков, «склеенных» глюонами. Разогнать в адронном коллайдере можно далеко не всякий адрон, а только тот, что имеет электрический заряд. Поэтому главными объектами эксперимента станут протоны (ядра атомов водорода) и тяжёлые ядра свинца. На сегодняшний день Большой адронный коллайдер — самый мощный в мире. С его помощью физики надеются получить протоны с энергией 7 ТэВ (тераэлектронвольт, то есть  $10^{12}$  эВ). Это значит, что при столкновении выделится суммарная энергия 14 ТэВ. Чтобы достичь такой энергии, протоны должны лететь почти со световой скоростью. При этом каждый протон за одну секунду пролетит по 27-километровому кольцу 11000 раз! Пучок протонов может летать внутри коллайдера 10 часов. За это время он преодолеет более 10 миллиардов километров — расстояние до планеты Нептун и обратно. С Большим адронным коллайдером связано множество мифов. Например, говорят о том, что при столкновении частиц с высокой энергией образуется чёрная дыра, в которую может «затянуть» всю нашу планету, и наступит «конец света». На самом деле рекордная для физики элементарных частиц энергия в 14 ТэВ чрезвычайно мала — это две миллионные доли джоуля. Чтобы довести до кипения один литр воды, потребуется энергия более ста миллиардов протон-протонных столкновений.



## **ФЛАГМАНУ УКРАИНСКОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ УФТИ 80 ЛЕТ**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: А.Е. Давиденко, Н.А. Тур*

*Рук. доц. Ю.Г. Окладной*

3-4 ноября отметил 80-летие Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт», вошедший в историю науки под легендарной аббревиатурой УФТИ. Его образование знаменовало начало нового этапа развития физической науки в Украине, когда начался переход от проведения исследований силами отдельных исследователей или небольших групп учёных к созданию больших научных коллективов.



Рис. 1. Главный корпус УФТИ. 30-е годы.

«Жемчужина империи академика А.Ф. Иоффе» - так называют сегодня УФТИ 30-х годов. По инициативе патриарха советской физики на рубеже 20-х – 30-х годов минувшего столетия в Харькове, Днепропетровске и Томске создаются физико-технические институты – спутники Ленинградского физико-технического института. Развитие харьковского исследовательского центра происходило наиболее успешно. Первоначально планировалось создать в Харькове криогенную лабораторию. Однако уже в начале тридцатых годов харьковчане уделяют возрастающее

внимание новому научному направлению – ядерной физике. Не где-нибудь, а в Харькове издаётся первый советский физический журнал на иностранных языках, «прорубивший» для отечественных учёных «окно в Европу». Гостями города становятся известные зарубежные физики.

Важную роль в становлении УФТИ сыграл «питерский десант». Из Ленинграда в Харьков направляют большую группу молодых учёных, прошедших стажировку в ведущих европейских исследовательских центрах: Л.Д. Ландау, К.Д. Синельникова, А.И. Лейпунского, А.К. Вальтера, Д.Д. Иваненко, И.В. Обреимова, Л.В. Шубникова и многих других.

«Ми тривожим стратосферу, атомне ядро і сферу...», - писал известный украинский поэт П. Тычина, поставив в один ряд достижения советских воздухоплавателей и эксперименты харьковских ядерщиков. Осенью 1932 г. комсомольская высоковольтная бригада в составе К.Д. Синельникова, А.И. Лейпунского, А.К. Вальтера и Г.Д. Латышева первой в СССР и второй в мире успешно осуществила расщепление атомных ядер искусственно ускоренными заряженными частицами.

В трудные послевоенные годы УФТИ стал единственным местом в бывшем СССР, где существовали возможности для измерения ядерных констант, позволяющих рассчитывать критическую массу, необходимую для осуществления цепной ядерной реакции.

Подробности этих исследований стали известны только в последние годы. Из рассекреченных материалов стало известно, что ещё в 1940 году трое сотрудников УФТИ: немецкий политэмигрант Ф. Ланге и молодые кандидаты наук выпускник элитарного физико-механического факультета Харьковского механико-металлургического института В.А. Маслов и выпускник Киевского университета В.С. Шпинель подали две заявки на изобретение. В одной из них был предложен ныне признанный во всём мире центрифужный метод разделения ядерных изотопов, а во второй – проект ядерного взрывного устройства, во многом аналогичного современным атомным бомбам.

Первым послевоенным директором УФТИ стал К.Д. Синельников. Его и послевоенного лидера советских ядерщиков И.В. Курчатова связывали долгие годы совместной научной работы и дружбы. Многие физики полагают, что Синельников был неформальным консультантом Курчатова, помогая ему разобраться в американских ядерных секретах, добытых советскими разведчиками.

Достойными преемниками Л.Д. Ландау в качестве лидеров харьковских физиков-теоретиков стали И.М. Лифшиц и А.И. Ахиезер. Им и их многочисленным ученикам принадлежат широко известные в мире труды по физике твёрдого тела, квантовой электродинамике, теории магнитных явлений и ряду других направлений.

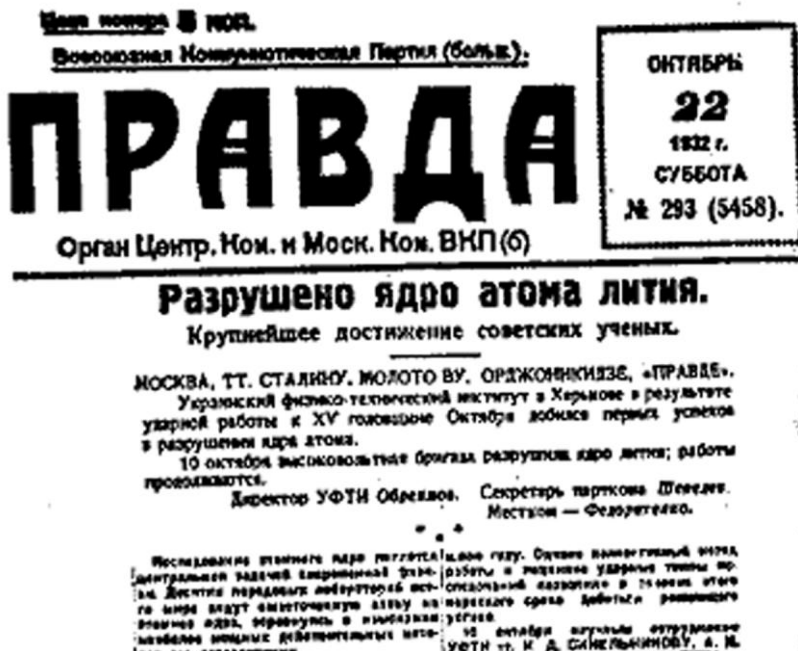


Рис. 2. Сообщение в газете «Правда» о  
расщеплении атомного ядра лития.

В 60-е годы от УФИИ «отпочковываются» академические институты низких температур, радиофизики и электроники в Харькове, физико-технический в Донецке. Сегодня Харьковский физико-технический институт прочно занимает в Украине лидирующее положение в области ядерной физики, физики плазмы и ряду других направлений, активно помогая в работе всем украинским атомным электростанциям.

#### Литература

1. Ранюк Ю. Лабораторія № 1. Ядерна фізика в Україні. – Харків: АКТА, 1992. – 590 с.
2. Харьковский физико-технический институт. – Киев, 1978.
3. Харьковский физико-технический институт. – Википедия.

## КАК СДЕЛАТЬ ПРЕДМЕТ НЕВИДИМЫМ

*Национальный технический университет  
„Харьковский политехнический институт”*

*Ст.: К. Дубняк, О. Даниленко*

*Рук.: доц А.А. Дульфан, ст..пр. И.В. Галушак*

Вотличие от военного дела в оптике аббревиатура «ПВО» означает «полное внутреннее отражение» — явление, знакомое из школьного учебника физики: луч света, падающий наклонно из среды 1 с большим показателем преломления  $n_1$ , в среду 2 с меньшим показателем преломления  $n_2$ , отразится назад, в среду 1, если угол падения больше так называемого критического угла  $\gamma_c$ .

Величина угла  $\gamma_c$  определяется из условия:  $\sin \gamma_c = n_2 / n_1$ ; так, для границы стекло ( $n = 1,41$ ) — воздух он составляет  $45^\circ$ . При более пологом падении из стекла (например,  $\gamma = 60^\circ$ ) лучи в воздух не выйдут и полностью отразятся внутрь стекла (полное внутреннее отражение). Этот удивительный эффект отметил ещё Кеплер, который не только открыл три закона обращения планет, но, совершенствуя астрономические инструменты, не оставлял без внимания и оптику. Прошло три века, и эффект ПВО вновь привлёк внимание физиков. Появилась электромагнитная теория света, в научный обиход вошли представления о световых волнах. Пользуясь новыми идеями, профессор Московского университета А. А. Эйхенвальд теоретически показал, что световое поле при ПВО не обрывается на границе сред: проникая в отражающую среду, оно экспоненциально затухает. Амплитуды полей монотонно уменьшаются в несколько раз на расстоянии порядка длины падающей волны; это затухание никак не связано с поглощением волн. Таким образом, эффект имеет волновую природу и может быть описан привычным языком геометрической оптики — световыми лучами. Этот вывод получил вскоре наглядное подтверждение в опыте Л. И. Мандельштама и П. Селени. Стеклообразная призма погружена нижней гранью в жидкость, в которой растворено флуоресцентное вещество. Свет, падая через призму на границу жидкости под углом большим предельного, испытывает на границе эффект ПВО. Однако часть светового потока, проникая в тонкий слой приграничной жидкости, вызывает его флуоресцентное свечение. Цвет флуоресценции отличается от цвета падающего излучения, а свечение приграничного слоя даёт возможность наблюдать эффект.

## **ЛАУРЕАТЫ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ ПО ФИЗИКЕ В НАЧАЛЕ XXI ВЕКА (с 2000 по 2008 год)**

*Национальный технический университет  
Харьковский политехнический институт*

*Ст.: А. Василец, С. Назаров*

*Рук. доц. Н.И. Гнидаш*

Прошло 175 лет со дня рождения основателя Нобелевской премии Альфред Нобель – шведский химик, изобретатель, экспериментатор и бизнесмен пожелал основать благотворительный фонд для награждения премией своего имени. Весь свой капитал Нобель завещал поместить в надежный банк. Эти средства должны принадлежать фонду, доходы от которого в виде премий должны вручать тем, кто за прошедший год внес наиболее существенный вклад в науку, литературу или дело мира и чья деятельность принесла наибольшую пользу человечеству.

Сумму дохода следовало по завещанию Нобеля разделить на пять частей и каждую из них в виде премии ежегодно присуждать лучшим ученым в области физики, химии, медицины, литературы и особые достижения перед человечеством в дело мира.

По традиции нобелевские премии вручает в Стокгольме в концертном зале король Швеции. Каждый лауреат получает из рук монарха золотую медаль с изображением учредителя премии Альфреда Нобеля и диплом. Денежная часть премии переводится лауреатам согласно их желанию.

10 декабря 1901 г состоялась первая церемония вручения Нобелевской премии. Лауреатами Нобелевской премии в XX столетии стали и выдающиеся физики из различных стран мира. К ним относятся ученые физики, чьи работы способствовали бурному развитию новейшей квантовой физики XX века. Это Нильс Бор, Макс Планк, Луи де Бройль, Поль Дирак и Э. Шредингер, Вернер Гейзенберг, Н.Г. Басов и А.М. Прохоров, Я.Д. Ландау и Е.М. Лифшиц, Альберт Эйнштейн, Д. Габор, А.А. Абрикосов, П. Капица и многие, многие другие.

По словам представителей Нобелевского Комитета премии, присуждаются за открытия, которые выдержали проверку временем, имеют важное значение в развитии человечества. Нобелевская премия дается за эпохальные достижения за работы, которые породили новые ветви физики. За прошедшие 9 лет XXI столетия лауреатом Нобелевской премии по физике стали 25 человек.

В 2000 году премию по физике получили Жорж Алферов, Герберт Кремер, Джек Килби. Исследованиями Ж. Алферова фактически сформировано новое направление – физика гетероструктур, электроника и оптоэлектроника. Солнечные батареи на основе гетероструктур были созданы уже в 1970 году. Д. Килби награжден за свой вклад в открытие и развитие интегральных микросхем. Благодаря этому быстро стала быстро развиваться микроэлектроника, которая является, наряду с оптоэлектроникой, основой современной техники. Так, по решению нобелевского комитета, Алферов и Килби удостоены Нобелевской премии (одной на двоих) за «работы по получению полупроводниковых структур, которые могут быть использованы для сверхбыстрых компьютеров».

В 2001 году Лауреатами Нобелевской премии по физике стали Эрик Корнелл, Вольфганг Кетфле и Карл Виман (совместно). За достижения в изучении процессов конденсации Бозе-Эйнштейна в среде разряженных газов и за начальные фундаментальные исследование характеристик конденсатов. Самой первой заслугой этих ученых является то, что они сумели поставить филигранный эксперимент и получить бозе-конденсат атомов щелочных металлов. Бозе-конденсаты несут «звание» самого хрупкого объекта созданного человеком. В работах указанных выше лауреатов была развита и описана методика наблюдений таких конденсатов. Исследования этих лауреатов позволяют создание «атомных лазеров» – устройств испускающие атомный пучок квантово-когерентный по всему объему подобно тому, как «фотонные лазеры» производят когерентный пучок фотонов.

Нобелевскую премию по физике в 2002 г получили Раймонд Дэвис и Масатоси Косиба; Рикардо Джакони за создание нейтринной и рентгеновской астрономии, изобретение рентгеновского телескопа.

Лауреаты Нобелевской премии по физике за 2003 год – А.А. Абрикосов, В Гинзбург, Энтони Леггет. Награда присуждена за фундаментальные работы в области квантовой физики, за исследования сверхпроводимости второго рода и теории сверхтекучести жидкого гелия-3.

В 2004 году премию по физике получили Дэвид Гресс, Дэвид Политцер, Френк Вильчек за открытие асимметрической свободы в теории сильных взаимодействий. Эффект асимметрической свободы стал важной вехой в развитии квантовой хромодинамики.

Лауреатами Нобелевской премии за 2005 год стали Рой Глаубер, Джони Холл и Теодор Хенш. Они получили премию за вклад в квантовую теорию оптической когерентности, за вклад в развитие лазерного высокооптронного спектроскопирования и техники прецизионного расчета светового сдвига в оптических стандартах частоты.

Лауреаты Нобелевской премии по физике за 2006 год Джон Метер Джорж Смут за открытие анизотропии и чернотельной структуры энергетического спектра космического фонового излучения. Открытие этих астрофизиков превратило космологию в точную науку. Оно основывается на измерениях произведенных с помощью спутников запущенного в 1989 г. Целью экспедиции было изучение тепла выделившегося в результате Большого Взрыва, и успех привел к появлению огромного количества научных групп, занявшихся исследованием космического фонового излучения в которые вовлечены тысячи ученых и инженеров.

В 2007 году Нобелевскую премию по физике получили Альберт Фер и Питер Грюнберг за открытие в 1998 году эффекта гигантского магнетосопротивления. Качественное объяснение наличия обычного сопротивления объяснялось ранее классической электронной теорией металлов. Эффект «сверхмагниторезистивности» лауреатами объясняется только в рамках квантовой электродинамики. Он проявляется в тонких пленках, толщина которых измеряется нанометрами, и связан со спином электрона. Суть этого эффекта состоит в том, уже крайне малые изменения магнитного поля могут весьма существенно изменять электрическое сопротивление. Это значительно увеличивает ёмкость и уменьшает габаритные размеры жестких дисков компьютеров.

Лауреатами Нобелевской премии по физике за 2008 год стали: Ионтира Намбу, Макато Кобаяси, Тосихира Масукова. Их работа посвящена необычной модели взаимодействия элементарных частиц.

Кобаяси, и Масукова постулировали существование ещё одного кваркового поколения. Это предсказание подтверждено экспериментально.

На работах этих Нобелевских лауреатов 2008 года базируется современная теория CP – нарушения и вообще слабых взаимодействий между кварками (CP – симметрия означает что все свойства античастиц совпадают со свойствами обычных частиц в зеркально-отражённых пространствах).

Учёные надеются, что эксперименты на Большом адронном коллайдере помогут понять суть слабых взаимодействий между кварками.

Пrestиж Нобелевских премий возрастает.

## **ВЫДАЮЩИЕСЯ ФИЗИКИ В СОВРЕМЕННОЙ ЮБИЛЕЙНОЙ ТАБЛИЦЕ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА**

*Национальный технический университет  
Харьковский политехнический институт  
Ст.: Д.В. Белоус, Н.Л., Блинков, В.С. Сероус  
Рук..доц. Н.И. Гнидаш*

8 февраля 2009 года, исполнится 175 лет со дня рождения великого учёного Дмитрия Ивановича Менделеева (1834-1907).

Д.И. Менделеев один из самых гениальных химиков XIX века. Он автор фундаментальных исследований по химии, физикохимии, физике, метрологии, экономике, агрохимии, народному просвещению, воздухоплаванию и другим работам.

Д.И. Менделеев создал свою книгу «Основы химии» (1869-1871гг.) В основу химии Д.И. Менделеев положило одно из наиболее известных открытий - принцип периодической системы элементов, давший возможность предвидеть существование новых, ещё неизвестных элементов и с точностью предсказать их свойства. Так, когда 1 марта 1869 года Д.И. Менделеев обнародовал периодический закон и таблицу элементов, 140 лет тому назад, которая содержала 67 элементов, в ней не хватало трёх: три незаполненные клетки в таблице. В те дни они были неизвестны науке, но их свойства были предсказаны Д.И. Менделеевым. И с 1875 по 1886г. химики-современники Д.И. Менделеева открыли эти три недостающие элемента. Это были галлий, скандий и германий. Первый научный прогноз в химии оправдался. Крупные открытия Д.И. Менделеев сделал и в области физики. В частности, он указал на существование температуры абсолютного кипения жидкостей (критической температуры). Он создал точную теорию весов, предложил точнейшие приёмы взвешивания. В 1874 году вывел общее уравнение состояния идеального газа, обобщив закон Клапейрона (уравнение Клапейрона-Менделеева). В 1887 году Д.И. Менделеев совершил без пилота подъём на воздушном шаре с целью наблюдения солнечного затмения и изучения верхних слоев атмосферы.

Периодический закон стал основой уточнения атомных масс элементов. Менделеев лично исправил атомные массы 20 элементов. Грандиозное значение периодического закона в полной мере оценили в XX веке. С использованием специальных физико-химических методов удалось обнаружить и синтезировать многие элементы. Один из них с атомным номером 101, полученный в 1955 году американским физиком Г.



Сибборгом был назван Менделеевым в знак признания, вклада в развитие химии, сделанного великим русским химиком Д.И. Менделеевым.

Таблица 1

	Химический элемент	Год открытия	Атомный номер	Атомная масса	Число изотопов	Период полураспада
1	<b>Кюри</b> <b>Cm</b>	1944-1947	96	242	4	Cm - 162 дня
	Элемент был назван в честь дня Пьера и Марии Кюри - известные физики и химики. Открыли элементы радий и полоний (1903). Дважды лауреаты Нобелевской премии.					
2	<b>Эйнштейний</b> <b>Es</b>	1952	99	252,08	19	Es-7 дней
	Назван в честь Эйнштейна - автора знаменитой общей теории относительности. Выдающийся физик-теоретик. Лауреат Нобелевской премии 1922.					
3	<b>Фермий</b> <b>Fm</b>	1953	100	257	2	Fm-20 часов
	Э.Ферми - один из основателей квантовой физики. Внёс большой вклад в теоретическую и экспериментальную физику.					
4	<b>Менделевий</b> <b>Md</b>	1958	101	256	13	Md-1,5 года
	Выдающийся химик и физик. Автор периодической таблицы Менделеева и уравнения Клапейрона-Менделеева.					
5	<b>Лоуренций</b> <b>Lr</b>	1961-1965	103	262,11	—	Lr-3,6 часа
	В честь американского физика Э.Лоуренца, автора и создателя первого в мире циклотрона. Лауреат Нобелевской премии 1939.					
6	<b>Резерфордий</b> <b>Rf</b>	1997	104	265 266	16	Rf-13 часов
	В честь английского физика Э.Резерфорда, автора планетарной модели и открытие излучений. Лауреат Нобелевской премии 1908.					
7	<b>Сибборгий</b> <b>Sg</b>	1997	106	271	10	Sg-2,4 мин
	Назван в честь американского физика и химика Гленна Сибборга, создателя многих трансурановых элементов. Лауреат Нобелевской премии по химии 1951.					
8	<b>Борий</b> <b>Bh</b>	1997	107	267	7	Bh-18 с.
	В честь датского физика Нильса Бора. Автора квантовой теории планетарного атома. Лауреат Нобелевской премии 1922.					

	<b>Мейтерний Mt</b>	1982-1997	109	276	5	Mt-1,3 с.
<b>9</b>	Назван в честь австрийского физика Лизы Мейтнер, которая проводила исследования в ядерной физике и ядерной химии.					
<b>10</b>	<b>Рентгений Rg-</b>	1994	111	280	5	Rg-3,6 с.
	Назван в честь знаменитого немецкого физика Рентгена. Первооткрыватель «икс-лучей», которые впоследствии названы рентгеновскими. В 1901 г. первому среди физиков была присуждена Нобелевская премия.					

Таблица 2

	Наименования элементов	Z	Ядерная реакция
<b>1</b>	Кюрий	96	$^{239}_{94}\text{Pu} + ^2_4\text{He} \rightarrow ^{242}_{96}\text{Cm} + ^1_0\text{n}$
<b>2</b>	Резерфордий	104	$^{239}_{94}\text{Pu} + ^{22}_{10}\text{Ne} \rightarrow ^{260}_{104}\text{Rf} + 4^1_0\text{n}$
<b>3</b>	Мейтерний	109	$^{209}_{83}\text{Bi} + ^{58}_{26}\text{Fe} \rightarrow ^{266}_{109}\text{Mt} + ^1_0\text{n}$
<b>4</b>	Рентгений	111	$^{209}_{83}\text{Bi} + ^{64}_{28}\text{Ni} \rightarrow ^{272}_{111}\text{Rg} + ^1_0\text{n}$

В настоящее время в таблице Менделеева имеется 120 элементов, 10 из них носят фамилии выдающихся физиков, внёсших большой вклад в развитие современной физики.

В таблице представлены основные сведения об этих элементах. Остальные полученные элементы (после 111) на текущий момент названий в честь выдающихся учёных не имеют. Элементы с 1993 года были названы в честь городов, стран, континентов и даже планет (например Дубний, Американий, Нептуний).

Сведения о химических элементах, названных в честь выдающихся физиков

# **КИСЛОТНЫЕ ДОЖДИ: ПРИЧИНЫ ИХ ПОЯВЛЕНИЯ И СПОСОБЫ БОРЬБЫ**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. К.А. Бындыч  
Рук. асс. Е.Б. Алмазова*

Термином «кислотные дожди» называют все виды метеорологических осадков – рН которых меньше чем среднее значение рН дождевой воды, приблизительно равной 5,6.

Главной причиной кислотных дождей является присутствие в составе атмосферы земли двуокиси серы  $\text{SO}_2$  и двуокиси азота  $\text{NO}_2$ , которые в результате происходящих в атмосфере химических реакций превращаются в серную и азотную кислоты, выпадение которых на поверхность земли оказывает влияние на живые организмы и экологию в целом.

К основным источникам естественной эмиссии серы относятся: процессы разрушения биосферы, вулканическая деятельность, антропогенный фактор.

Источники соединений азота бывают как естественными (почвенная эмиссия оксидов азота, грозовые разряды, горение биомассы) так и антропогенными (горение ископаемого топлива).

Кислотная седиментация (кислотные дожди) происходит двумя путями: вымывание осадков или влажная седиментация; выпадение осадков или сухая седиментация.

Наибольшую опасность для экологии представляют не сами кислотные дожди, а процессы их косвенного воздействия (высвобождение алюминия, увеличения концентрации тяжелых металлов, закисление пресных вод, исчезновение лесов, изменения строения почвы.)

На здоровье человека кроме первичного прямого воздействия (оксиды серы и азота, аэрозольные частицы кислотного характера) также косвенно влияет закисление окружающей среды.

К наиболее эффективным способам защиты от кислотных загрязнений следует считать значительное сокращение выбросов двуокиси серы и окиси азота. Также эффективным представляется применение высоких дымовых труб, изменение в технологических процессах, известкование воды и почвы.

Для заметок

Наукове видання

## **АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗИКИ ТА ЇХ ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

Тези доповідей

регіональної наукової студентської конференції

(22-23 квітня 2009 року)

Відповідальний за випуск проф. А.О. Мамалуй

В авторській редакції

Підп. до друку 31.03 2009 р. Формат 60х84 1/16 Папір офісний.  
Riso-друк. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 7,4. Наклад 120 прим.  
Зам. №163 Безкоштовно. Ціна договірна.

---

Видавничий центр НТУ “ХП”.  
Свідоцтво ДК № 116 від 10.07.2000 р.  
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

---

---

Друкарня НТУ “ХП”, 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

---